

SEMI S6-0707^E

반도체 제조 장비의 배기에 대한 EHS 가이드라인

EHS GUIDELINE FOR EXHAUST VENTILATION OF SEMICONDUCTOR MANUFACTURING EQUIPMENT

NOTICE: This translation is a REFERENCE COPY ONLY. If differences should exist between the English version and a translation in any language, the English version is the official and authoritative version.

주의: 본 한글본은 참고용으로, 영문원본과 한글본간에 차이가 발생할 경우, 영문원본을 우선으로 해야합니다. 본 한글본에 대한 문의사항이 있는 경우 krstandards@semi.org로 문의바랍니다.

이 안전 지침은 환경, 보건 및 안전 글로벌 기술위원회의 기술적 승인을 받았습니다. 이 판은 2007 년 4 월 25 일에 글로벌 감사 및 검토 소위원회의 승인을 받았습니다. 2007 년 7 월 www.semi.org 에서 다운로드 할 수 있습니다. 원래 1993 년에 출판.

^E 본 표준은 2009 년 6 월에 수정 편집을 통해 오류를 정정했다. 변경 내용은 § A1-4.2.3.2 에 반영되었다.

주의: 본 문서는 2007 년에 전면 개정되었다.

주의: 본 문서의 내용을 준수하려면 본 가이드라인의 "해야 한다"(should) 조항을 반드시 따라야 한다. "할 수 있다"(may), "제안"(suggested), "선호"(preferred), "권장"(recommended), "참고"(NOTE) 또는 "관련 정보"(Related Information) 등의 조항은 내용 준수 선언을 위해 준수할 필요는 없다.

1 목적

1.1 본 안전 가이드라인은 반도체 제조 장비(SME) 배기의 안전 성능 기준과 그러한 기준 준수를 평가하기 위한 테스트 방법을 제공한다.

1.2 사용자 시설 내 배기 설비의 에너지 효율과 물리적 제약이 더욱 뚜렷해지면서 배기의 최적화가 더욱 중요해지고 있다. 효율적으로 설계된 배기 설비를 제공해 보건 및 안전 위험 요소로부터 작업자, 재산 및 환경을 보호해야 한다. 본 안전 가이드라인의 목적은 배기의 성능 기준 및 설계 원칙 그리고 테스트 방법 및 기준을 제공하는 것이다.

2 범위

2.1 본 가이드라인은 사용자 시설의 배기 시스템에 연결할 배기 장치를 포함하는 반도체 제조 장비에 적용된다.

2.2 본 문서의 기준은 작업자 보호, 장비 보호 및 화재 위험성 축소 등(전체 또는 일부의) 목적을 위해 제공되는 배기 시스템에 적용된다.

2.3 본 문서의 성능 및 평가 기준은 공급자가 사용자나 또 다른 공급자에게 제공하는 모든 장비에 적용된다(또 다른 공급자가 사용자에게 제공하는 장비의 일부로서 제공되는 장비 포함).

2.4 본 문서의 목적은 반도체 장비 공급자가 공통의 성능 기준에 따라 장비 배기 시스템을 설계할 수 있도록 지원하고, 사용자와 공급자가 장비 시스템의 배기 요구사항을 이해할 수 있도록 돕는 것이다. 본 문서는 설계 사양 확립을 목적으로 하지 않는다.

NOTE 1: 다양한 배기 용도를 위한 설계 제안은 관련 정보로 제공된다.

2.5 테스트 방법은 § 8 과 몇 가지 부록에서 제공된다.

2.6 본 문서는 공급자나 사용자가 이용하는 유해위험요인 평가 방법 또는 관리 전략(예: 설계 원칙)의 제한을 목적으로 하지 않는다. 충분한 수준의 보호를 제공한다면 매우 다양한 방법을 이용할 수 있다.

2.7 목차

1. 목적
2. 범위
3. 제한 사항
4. 참조 표준 및 문서
5. 용어
6. 설계 기준
7. 성능 기준
8. 검증 방법 및 보고
9. 최종 사용자에게 제공되는 최소 정보
10. 관련 문서

부록 1 - 가스와 증기 생성 및 방출량 측정

부록 2 - 추적 가스를 이용한 탈루 배기량 (Fugitive Emissions) 측정 테스트 방법

부록 3 - 에어로졸 시각화 테스트 방법

부록 4 - 인화성 가스 및 증기원의 공기 패턴 평가 (Air Pattern Assessment) 테스트 방법

부록 5 - 표면 속도 (Face Velocity) 측정을 위한 테스트 방법

부록 6 - 유량 및 압력 테스트 방법

NOTE 2: 간행 당시에 SEMI S6-0707 에는 다음의 관련 정보 절들이 포함되었다.

- 관련 정보 1 - 배기 매개변수 (Parameter) 예제
- 관련 정보 2 - 시설 배기 시스템 (Facility Exhaust Ventilation System) 과의 관계
- 관련 정보 3 - 일반 설계 권장사항
- 관련 정보 4 - 공정 장비 (Process Equipment) 의 불쾌취 (Objectionable Odor) 관리
- 관련 정보 5 - 권장 배기 보고 양식
- 관련 정보 6 - 공정 가스 유량 및 추적 가스 주입량 관계 일반식
- 관련 정보 7 - 연기 통제 수단으로서의 배기

주의: SEMI 표준 및 안전 가이드라인은 이 문서를 사용하여 모든 안전 관련 문제를 해결할 수 있다고 주장하지 않는다. 문서 사용자는 적절한 안전 및 건강 보호 조치를 취하고 상기 문서를 사용하기 전 관련 규제 또는 기타 제한사항의 적용 여부를 확인할 책임이 있다.

3 제한 사항

3.1 본 문서는 SME 내부의 물질 사용 위험을 완화하기 위한 배기 이용 결정 시 적용되는 기준을 제공하지 않는다. 본 문서는 그러한 위험 완화의 수단으로 배기를 선택하는 경우, SME의 배기 기능에 대한 기준을 제공한다.

3.2 환경 기준을 위한 유출 공기 시료 채취는 본 문서에서 다루지 않는다. 환경 특성 표시(environmental characterization)를 위한 물질 수치 시료 채취는 본 문서에서 다루지 않는다.

NOTE 3: 반도체 장비의 환경 특성 표시를 위한 가이드라인 TT# 01104197A-XRF¹에는 환경 특성 표시 관련 정보가 포함된다.

3.3 제품 품질을 위한(즉, 안전 이외의 용도를 위한) 입자 관리 환기는 본 안전 가이드라인의 범위를 벗어난다.

3.4 연기 통제를 위한 환기는 본 안전 가이드라인의 범위를 벗어난다.

NOTE 4: 연기 통제를 위한 환기는 본 문서 관련 정보 8과 SEMI S14의 관련 정보에서 다룬다.

3.5 열 제거를 위한 환기는 본 안전 가이드라인의 범위를 벗어난다.

NOTE 5: 특히 클린룸(cleanroom)의 경우 열 제거에 배기를 이용하면 공조 비용으로 인해 자본 비용과 운영 비용이 크게 증가할 수도 있다.

3.6 본 문서는 사용자의 배기 분배 시스템이 중앙 팬(central fan), 덕트(ducting) 및 경감 장비(abatement equipment)(적용 가능한 경우)를 이용하여 설계된다는 가정 하에 작성되었다. 공급자는 다른 유형의 배기 시스템을 보게 될 수도 있다는 점에 유의해야 한다. 특히 시스템이 추정 모델에서 벗어나는 경우, 최종 사용자는 배기 시스템의 관련 세부 사항을 공급자에게 전달해야 한다.

3.7 기존 모델과 하위 시스템은 SEMI S6-93의 조항을 계속 충족해야 한다. 장비 환기의 EHS 측면에 커다란 영향을 주는 재설계가 적용된 모델은 SEMI S6 최신 버전을 준수해야 한다. 본 안전 가이드라인은 소급 적용되지 않는다.

NOTE 6: 장비 환기의 EHS 측면은 환기 변화 그리고 환기에 의해 경감되는 위험 요소의 변화 등의 영향을 받을 수 있다.

주의: 국제 단위계(SI)의 측정 단위, 기호 및 약어(IEEE/ASTM SI-10 또는 미국 국립표준기술연구소(NIST) 특별 간행물 330(SP 330)인 “국제 단위계(SI)” 등의 표준으로 표시됨)가 SEMI 표준 간행물의 공식 단위로 본 문서에 등장한다. 편의를 위해 미국 관습 측정 단위를 괄호에 병기할 수 있지만, SI 단위로 기준을 정의한다.

¹ SEMATECH, 2706 Montopolis Drive, Austin, TX 78741, USA. 전화번호: +1.512.356.3500; <http://www.semtech.org>. 이 문서의 URL: <http://www.semtech.org/public/docubase/abstracts/4197axfr.htm>

4 참조 표준 및 문서

4.1 SEMI 표준 및 안전 가이드라인(SEMI Standards and Safety Guidelines)

SEMI F5 - 가스 유출 처리 가이드

SEMI S2 - 반도체 제조 장비의 환경, 보건 및 안전 가이드라인

SEMI S14 - 반도체 제조 장비의 화재 위험성 평가 및 완화 안전 가이드라인

SEMI S22 - 반도체 제조 장비의 전기 설계 안전 가이드라인

4.2 ACGIH²

화학 물질과 물리적 인자의 허용 한계(Threshold Limit Value)와 생물학적 노출 지표

4.3 ASHRAE³

표준 110-1995 - 시험기관 흡 후드(Fume Hood)의 성능 테스트 방법

4.4 ASTM 표준(ASTM Standards)⁴

ASTM E 697 - 가스 크로마토그래피의 전자 포획 검출기 사용 관행

IEEE/ASTM SI 10 - 국제 단위계(SI) 사용을 위한 미국 국가 표준 현대 미터법

4.5 CGA 표준(CGA Standards)⁵

CGA P20 - 독성 가스 혼합물의 분류 표준

CGA P23 - 인화성 및 비인화성 성분이 포함된 가스 혼합물 분류 표준

4.6 유럽 표준(European Standards)⁶

EN 1127-1 - 폭발성 환경 – 방폭, 1 부 – 기본 개념 및 방법

4.7 유럽 지침(European Directives)⁷

94/9/EC — 잠재적 폭발성 환경용 장비 및 보호 시스템 관련 회원국 법률의 근사화(approximation)에 대한
1994년 3월 23일 유럽 의회 및 이사회 지침 94/9/EC

4.8 NFPA 표준(NFPA Standards)⁸

NFPA 1 - 통합 소방 규정(Uniform Fire Code)

² ACGIH (American Conference of Government Industrial Hygienists), 6500 Glenway Ave., Building D-7, Cincinnati, OH 45211-4438, USA. 전화번호: +1.513.661.7881

³ ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.) 1791 Tullie Circle, N.E., Atlanta, GA 30329 USA. 전화번호: +1.404.636.8400. 팩스: +1.404.321.5478; <http://www.ashrae.org>

⁴ American Society of Mechanical Engineers, Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990, USA. 전화번호: +1.800.843.2763 (미국/캐나다), 95.800.843.2763 (멕시코), 973.882.1167 (북미 외 국가). <http://www.asme.org>

⁵ CGA (Compressed Gas Association) 4221 Walney Rd., 5th Floor, Chantilly, VA 20151, USA. 전화번호: +1.703.788.2700, 팩스: +1.703.961.1831; <http://www.cganet.com>

⁶ European Committee for Standardization (CEN), Central Secretariat, rue de Stassart 35, B-1050 Brussels, Belgium

⁷ http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!CELEXnumdoc&lg=en&numdoc=31994L0009

⁸ National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02269, USA. 전화번호: +1.617.770.3000, 팩스: +1.617.770.0700; <http://www.nfpa.org>

NFPA 497 - 화학 공정 구역의 전기 설비를 위한 인화성 액체, 가스 또는 증기 그리고 위험(분류) 장소의 권장 분류 관행

NFPA 704 — Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response

4.9 미국 국립표준기술연구소(National Institute of Standards and Technology)⁹

특별 간행물 330(SP 330), “국제 단위계(SI)”

주의: 별도 명시된 경우를 제외하고 인용된 모든 문서는 최신 출판본을 기준으로 한다.

5 용어

5.1 약어 및 두문자어 (Abbreviations and Acronyms)

5.1.1 AEV (additional exhaust ventilation) - 추가 배기

5.1.2 ATL (accredited testing laboratory) - 공인 시험 기관

5.1.3 C (ceiling limit) - 최고 한계

5.1.4 ERC (equivalent release concentration) - 등가 방출 농도

5.1.5 FEV (facility exhaust ventilation) - 시설 배기

5.1.6 HEI (hazardous energy isolation) - 유해 에너지 차단

5.1.7 IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health) - 생명과 건강에 대한 즉각적인 위험

5.1.8 LFL (lower flammable limit) - 연소 하한계

5.1.9 OEL (occupational exposure limit) - 작업장 노출 한계

5.1.10 PEV (primary exhaust ventilation) - 1 차 배기

5.1.11 SEV (secondary exhaust ventilation) - 2 차 배기

5.1.12 SME (semiconductor manufacturing equipment) - 반도체 제조 장비

5.1.13 SOC (substance of concern) - 우려 물질

5.1.14 STEL (short term exposure limit) - 단기 노출 한계

5.1.15 TWA (time weighted average exposure limit) - 시간 가중 평균 노출 한계

5.1.16 UFL (upper flammable limit) - 연소 상한계

5.2 정의 (Definitions)

5.2.1 액세스 (access) - 공구나 본체의 일부를 엔클로저(enclosure)에 삽입하는 수단.

⁹ National Institute of Standards and Technology, 100 Bureau Drive, Stop 3460, Gaithersburg, MD 20899-3460, USA. 전화번호: +1.301.975.6478; <http://www.nist.gov>; URL for this publication: <http://physics.nist.gov/Pubs/SP330/sp330.pdf>

5.2.2 **액세스웨이 (accessway)** - 액세스를 허용하는 장비의 기능. 이 용어에는 폐쇄의 수단(예: 문 또는 제거 가능한 덮개)과 함께 제공되는 개구부와 기타 개구부가 모두 포함된다.

5.2.3 **추가 배기 (AEV)** - 정상 가동 시에는 존재하지 않지만, 유지보수 중이나 1 차 봉쇄 구역에서 비정상적인 방출이 발생한 경우에 우려 물질 추출을 위해 제공되는 공기 흐름.

NOTE 7: 추가 배기는 자동(예: 누출 탐지 대응 등)이나 수동으로 작동되며, 1 차 또는 2 차 배기를 위해 사용되는 덕트를 통해(체적 유량을 늘려) 제공하거나, 별도 덕트(예: 공정실 클리닝에 사용되는 플렉시블 덕트("엘리펀트 트렁크"))를 통해 제공된다.

5.2.4 **밸런싱 (balancing)** - 환기 장비와 배기 시스템을 설치한 후 각 환기 장비로의 공기 흐름을 설계 사양 이내로 유지하기 위해 이루어지는 공기 흐름 양 조정(예: 댐퍼의 위치 설정 등).

5.2.5 **포획 (capture)** - 배기 기류의 유해 성분(가스, 연기, 증기 및 입자) 제거를 위해 모으는 것.

5.2.6 **최고 한계 (ceiling limit(C))** - 작업자가 언제라도 노출될 수 있는 최대 농도의 작업장 노출 한계(OEL).

5.2.7 **폐쇄 공정 장비 (closed processing equipment)** - 공정과 화학 처리가 주변 공기와 차단된 부품 내부에서 이루어지는 장비, 통풍된 엔클로저 내부의 부품에는 밀폐된 혼합 또는 측정 용기와 저장 탱크(holding tank), 밀폐된 배관, 공정실 등이 포함될 수 있다. 이러한 유형의 장비에서는 통풍된 엔클로저와 2 차 봉쇄 구역의 내부가 화학 물질에 노출되면 정상 가동 상태가 아니다.

5.2.8 **지속적인 공기 시료 채취 (continuous air sampling)** - 15 분마다 1 회 이상의 빈도로 수행되는 순간 공기 시료 채취.

5.2.9 **희석 (dilute)** - 우려 물질이 아닌 성분을 첨가하여 특정 물질의 농도를 낮추는 것.

5.2.10 **유출 공기 (effluent)** - 배기를 통해 SME 에서 제거되는 공기(공기에 혼합된 물질 또는 부유 물질 포함).

5.2.11 **엔클로저 (enclosure)** - 배기가 제공되는 공간을 배기가 제공되는 또 다른 공간 또는 배기가 제공되지 않는 공간과 분리하는 물리적 구조물.

5.2.12 **등가 방출 농도 (equivalent release concentration(ERC))** - 1 차 봉쇄 실패 시 엔클로저 내외부 공기에서 측정되는 우려 물질의 이론적 농도. ERC 는 테스트 수행을 위해 방출되는 가스의 측정 농도로부터 계산한다. ERC 는 우려 물질의 OEL 또는 LFL 의 백분율로 표시할 수 있다.

5.2.13 **배기 (exhaust ventilation)** - 본 문서에 정의된 1 차, 2 차 또는 추가 배기(즉, PEV, SEV 또는 AEV).

5.2.14 **시설 배기 (facility exhaust ventilation(FEV))** - SME 또는 그 근접 위치로부터 그 안에 포함된 공기 또는 오염 물질의 제거. FEV 는 일반적으로 덕트를 통해 시설이 제공하는 서비스이다.

5.2.15 **인화성 가스 (flammable gas)** - 20°C (68°F)와 101.3 kPa (14.7 psia)에서 공기 중에 가연성 혼합물을 형성하는 모든 가스. 정의에 따라, 여기에는 모든 자연 발화성 가스가 포함된다(이 정의에 사용된 "공기와의 가연성 혼합물"은 발화 가능한 혼합물이다.).

NOTE 8: 일부 규정에서는 자연 발화 물질을 다른 인화성 물질과 다르게 간주한다.

5.2.16 **인화성 액체 (flammable liquid)** - 인화점이 37.8°C (100°F)보다 낮은 액체.

5.2.17 **인화 범위 (flammable range)** - 점화원이 제공되면 화염을 확산시키는 공기 중의 분산 화학종의 농도 범위. 이 범위는 연소 하한계(LFL)와 연소 상한계(UFL)로 규정된다.

NOTE 9: 다음 용어 쌍은 자주 혼용된다.

- ‘폭발 하한계(LEL)’와 ‘연소 하한계(LFL)’
- ‘폭발 상한계(UEL)’와 ‘연소 상한계(UFL)’
- ‘폭발 범위’와 ‘인화 범위’

일부 자료에서는 ‘LEL’과 ‘UEL’, 즉 "폭발 범위"를 사용해 화염 확산력보다 더욱 구체적인 기준(예: 특정 압력 증가 또는 화염 전면 속도)과 관련된 농도를 지정한다. 본 문서에서는 "인화 범위"라는 용어를 사용해 "폭발 범위"라는 용어를 사용하는 데 따른 불명확성을 피한다.

5.2.18 **인화점 (flash point)** - 액체가 액체 표면 근처의 공기나 사용되는 테스트 용기 내부의 공기와의 가연성 혼합물을 형성하기에 충분한 증기를 방출하는 최저 온도(이 정의에 사용된 “공기와의 가연성 혼합물”은 발화 가능한 혼합물이다.).

5.2.19 **유량 센서 (flow sensor)** - 유체의 이동을 측정하는 장치. 유량 센서는 압력 비교 또는 다른 방법을 통해 측정 작업을 수행한다.

5.2.20 **유속 (flow velocity), V** - 유출 기류가 배기 덕트를 통과하는 평균 속도. 일반적으로 초당 미터(m/s)로 표시한다. 미국식 단위는 분당 피트(fpm)이다.

5.2.21 **유량 (flow volume), Q** - 시간 단위당 환기 시스템의 주어진 위치를 통과하는 유출 기류의 체적 유량. 일반적으로 시간당 입방 미터(m³/hr)로 표시한다. 미국식 단위는 분당 입방 피트(cfm)이다.

5.2.22 **탈루 (fugitive)** - 통제를 위해 환기된 엔클로저에서 벗어나 작업 구역으로 향하는 것.

5.2.23 **가스 (gas)** — 무한하게 팽창 가능하고 용기를 완전히 채울 수 있는 유동 물질 형태. 액체도 고체도 아닌 형태. [SEMI S4, SEMI F78, SEMI F81]

5.2.24 **후드 (hood)** - 공기를 포획하여 시설 배기 덕트 시스템으로 유도할 수 있도록 설계한 주입구.

5.2.25 **생명 또는 건강에 대한 즉각적인 위험 (Immediately Dangerous to Life or Health, IDLH)** - 생명을 즉각적으로 위협하거나 건강에 유해한 돌이킬 수 없는 영향을 주거나 위험한 상황에서 벗어날 수 있는 개인의 능력을 손상시키는 환경[29CFR1910.134b].

5.2.26 **인치 오브 워터 게이지 (inch of water gauge("w.g., in.w.g. 또는 i.w.g.))** - 1 인치 높이의 물 기둥을 지지하는 압력. SI 가 아닌 미국의 일반 압력 단위이다(정압의 정의도 참조할 것.).

5.2.27 **통합 공기 시료 채취 (integrated air sampling)** - 후속 화학 분석을 위한 관심 오염 물질의 채집 및 확보에 적합한 매체를 통해 알려진 시료 채취 기간 동안 알려진 속도로 오염 가능성이 있는 공기를 이동시키는 것. 통합 시료 채취는 시료 채취 기간 중 오염 물질의 시간 평균 공기 중 농도의 측정 수단을 제공한다.

5.2.28 **순간 공기 시료 채취 (instantaneous air sampling)** - 채집 방법이 허용하는 범위에서 최대한 신속하게 화학 분석을 위해 오염 가능성이 있는 공기를 채집하는 것. 일반적으로 채집 시간은 시료당 1 분 미만이다. 순간 시료 채취는 짧은 기간 중 오염 물질의 공기 중 농도를 측정하는 수단을 제공한다.

5.2.29 **연소 하한계 (lower flammable limit)** - 화염을 확산시키는 공기 중 인화 물질의 최소 농도(인화 범위의 정의도 참조할 것.).

5.2.30 **긴 반경 엘보우 (long radius elbow)** - 중심선 반경이 덕트 반경의 1.5 배 이상인 환기 덕트 엘보우.

5.2.31 **유지/보수 (maintenance)** - 장비의 정상 작동 상태 유지를 위한 계획적 또는 비계획적 활동(정비의 정의도 참조할 것.). [SEMI S2]

NOTE 10: “비계획적”이란 말은 활동이 사전에 예정되지 않았음을, 즉 관찰된 조건에 따른 반응으로 해당 활동을 수행함을 의미한다. “비계획적”이란 말은 활동을 예측하지 않았거나 장비 공급자가 활동 수행 지침을 제공하지 않았음을 의미하지는 않는다.

5.2.32 **밀리미터 오브 워터 게이지 (millimeter of water gauge), mm.w.g.** - 1 밀리미터 높이의 물 기둥을 지지하는 압력. SI 가 아닌 일반 압력 단위이다(mm Aq 라고도 함). 정압의 정의를 참조할 것.

5.2.33 **불연성 물질 (non-combustible material)** - 사용되는 형태와 예상 조건에서 화기나 열에 노출될 때 인화성 증기를 점화, 연소 또는 방출하지 않는 물질.

5.2.34 **작업장 노출 한계 (occupational exposure limit(OEL))** - 작업자가 특정 시간 동안 노출될 수 있는 물질의 공기 중 최대 농도. OEL 에는 TWA, STEL 및 최고 한계(C)가 포함되며, 이것들은 농도를 지정하는 시간이 다르다. 허용 노출 수준, 허용 한계(Threshold Limit Values®), 최대 허용 농도, 최대 노출 한계, 작업장 노출 기준 등의 다양한 용어를 사용해 OEL 을 표현한다. OEL 측정에 사용되는 기준은 값을 확정한 국가별로 다르다(Threshold Limit Value 는 American Conference of Governmental Industrial Hygienists 의 등록상표임).

5.2.35 **개방 공정 장비 (open processing equipment)** - 적어도 일부 공정과 화학 처리가 주변 공기와 연결된 부품 내부에서 이루어지는 장비. 이런 유형의 장비에서는 1 차 봉쇄 구역 중 해당 구역의 환기가 이루어진다.

5.2.36 **포켓팅 (pocketing)** - 엔클로저를 통과하는 방출량과 공기 흐름 양의 비율보다 높은 농도로 방출 SOC 가 통풍된 엔클로저 일부에 축적되는 것. 엔클로저 내부 공기 흐름의 선형 속도와 혼합이 균일하지 않으면 포켓팅이 발생할 수 있다.

5.2.37 **1 차 봉쇄 구역 (primary containment)** - 정상 가동, 유지보수 및 정비 중 봉쇄된 물질에 내부 표면이 직접 접촉하도록 되어 있는 1 단계 봉쇄 구역(용기, 파이프 또는 기타 부품). 1 차 봉쇄 구역에는 배출 처리 부품(예: 덕트 및 통풍된 엔클로저)이 포함되지 않는다.

5.2.38 **1 차 배기 (primary exhaust ventilation(PEV))** - 정상 가동 상태에서 우려 물질을 장비에서 추출하는 공기 흐름.

NOTE 11: 예를 들면, 개방 공정 용기의 액체 표면을 벗어나는 증기를 채집 및 추출하기 위해 제공되는 배기는 정상 가동 중 액체 표면에서 우려 물질이 증발할 것으로 예상되므로 1 차 배기로 간주된다.

5.2.39 **공정 용기** (*process vessel*) - 기판(substrate)이 화학 물질, 열, 방사선 또는 진동에 노출되는 1 차 봉쇄 구역.

5.2.40 **자연 발화 물질** (*pyrophoric material*) - 54.4°C (130°F) 이하의 공기에서 자연적으로 점화되는 화학 물질.

5.2.41 **안전 상태** (*safe condition*) - 장비가 작업자, 장비 자체 또는 시설에 허용할 수 없는 위험을 야기하지 않는 상태. 안전 상태는 장비 설계자가 결정하며, 설계상의 위험 요소를 기준으로 한다.

5.2.42 **2 차 봉쇄 구역** (*secondary containment*) - 고장, 유지보수 또는 정비 작업으로 인해 1 차 봉쇄 구역에서 방출된 우려 물질을 봉쇄하도록 되어 있는 2 단계 봉쇄 구역 여기에는 액체와 가스가 모두 관련된다.

5.2.43 **2 차 배기** (*secondary exhaust ventilation(SEV)*) - 장비의 정상 가동 상태에서는 우려 물질을 추출하지 않지만, 고장, 유지보수 또는 정비 작업으로 인해 1 차 봉쇄 구역에서 우려 물질이 방출될 경우 우려 물질을 추출하기 위해 지속적으로 작용하는 공기 흐름.

NOTE 12: 예를 들면, 가스 패널을 통과하는 배기는 정상 작동 상태에서는 위험 가스가 파이프 내부에 있고, 고장, 유지보수 또는 정비 시에만 위험 가스를 제거하므로 SEV 로 간주된다.

5.2.44 **반도체 제조 장비** (*semiconductor manufacturing equipment(SME)*) - 반도체 제품의 제조, 측정, 조립 또는 테스트에 사용되는 장비. 여기에는 기판(예: 실리콘 웨이퍼, 레티클)을 가공하는 장비, 그 부품 그리고 보조, 지원 또는 주변 장비(예: 화학물 컨트롤러, 화학물 운반 시스템, 진공 펌프) 등이 포함된다. 또한 SME 에는 앞서 언급한 장비에 고유하고 그러한 장비와 함께 제공되는 기타 물품(예: 구조물, 파이프, 덕트 워크, 유출 공기 처리 시스템, 밸브 매니폴드 박스(VMB), 여과 장치, 히터 등)이 포함되지만, 해당 물품이 시설의 일부이고 1 개 이상의 SME 를 지원할 수 있다면 그러한 물품은 SME 에 포함되지 않는다. [SEMI S3]

5.2.45 **정비** (*service*) - 고장난 장비를 정상 작동 상태로 복구하려는 비계획적 활동(유지보수의 정의도 참조할 것). [SEMI S2]

5.2.46 **단기 노출 한계** (*short term exposure limit(STEL)*) - 근무 교대 시간보다 훨씬 짧은 노출 시간(보통 15 분)에 적용되는 작업장 노출 한계(OEL). 기간은 STEL 의 일부로 지정된다.

5.2.47 **정압** (*static pressure*), *SP* - 덕트나 엔클로저 벽의 차압 측정치. 다시 말해, 주변(덕트가 위치하는 실내의 압력)과 덕트 내부 압력의 차이. 일반적으로 파스칼(Pa)이나 인치 오브 워터(inch of water)로 표시된다.

NOTE 13: 1 인치 오브 워터 게이지("w.g.)는 249 Pa 이다. 1 파스칼은 N/m² 이다.

5.2.48 **정압 센서** (*static pressure sensor*) - 정압을 측정하는 장치.

5.2.49 **우려 물질** (*substance of concern(SOC)*) - 정상 가동, 유지보수 또는 고장 발생 시, SEMI S2 에 규정된 한계치 이상의 노출로부터 작업자를 보호하거나, 물질의 LFL 의 25% 이상에서 공기와의 혼합물 생성을 막기 위해 장비의 배기가 필요한 물질. 여기에는 공정에서 사용되는 정의의 기준을 충족하는 물질, 의도적이거나 예측 가능한 반응의 산물 또는 부산물인 물질, 공정과 직접 관련이 없는 물질(예: 냉각제), 유지보수나 정비에만 사용되는 물질(예: 공정실 세정에 사용하는 용액) 등이 포함된다.

NOTE 14: 용액이나 혼합물의 우려 물질 여부는 용액이나 혼합물이 그 구성 성분으로 분리되는 것을 합리적으로 예측할 수 없는 이상, 구성 성분의 특성이 아니라 SME 에 제공되는 상태의 용액이나 혼합물의 특성에 따라 결정된다. 예를 들면,

H₂ 자체와 He 혼합물의 5% H₂는 인화성 가스이지만, N₂의 5% H₂ 혼합물은 인화성 가스가 아니다. CGA P23 과 P20 은 각각 인화성 성분과 독성 성분을 함유하고 있는 가스 혼합물의 특성 결정을 위한 지침을 제공한다.

5.2.50 **우려 물질** (*substance-of-concern*), *adj.* 또는 *adv.* - 우려 물질과 관련 있음.

5.2.51 **환기 제공** (*supply ventilation*) - SME 나 작업장으로의 공기 공급.

5.2.52 **시간 가중 평균** (*time weighted average(TWA)*) - 1 회 근무 교대 노출 시간(보통 8 시간)에 적용되는 작업장 노출 한계(OEL). 기간은 TWA 의 일부로 지정된다.

5.2.53 **횡단 측정** (*traverse measurements*) - 환기 덕트의 횡단면이나 통풍된 엔클로저 개구부의 표면을 따라 매트릭스 패턴으로 영역별로 동일 분리점에서 수행한 다중 공기 흐름 측정.

5.2.54 **연소 상한계** (*upper flammable limit*) - 화염을 확산시키는 공기 중 인화 물질의 최대 농도(인화 범위의 정의도 참조할 것.).

5.2.55 **증기** (*vapor*) - 일반적으로 액체로 간주되는 물질의 가스 상태.

5.2.56 **베나 콘트랙터** (*vena contracta*) - 정압이 최저로 떨어지고 속도 압력이 최고에 도달하는 오리피스(예: 덕트 개구부)의 다운스트림 위치.

5.3 기호 (*Symbols*)

5.3.1 ¶ - 문서의 특정 단락 구분을 위해 사용하는 부호. 구분된 부분에는 기호 뒤 숫자에 의해 구분되는 숫자가 매겨진 단락 그리고 그 속에 삽입된 예외 및 목록(글머리 기호나 숫자로 표시)이 포함된다. 그러나 하위 표제나 단락은 여기에 포함되지 않는다. ¶¶처럼 2 개가 사용되면 2 개 이상의 단락을 표시한다. 예를 들면, ¶ 8.5.3 은 해당 숫자 바로 뒤의 문장, 글머리 기호가 표시된 목록 그리고 예외를 표시한다. 반대로 ¶ 8.5.1 은 ¶ 8.5.1.1, 8.5.1.2 또는 8.5.1.2.1 이 아니라 해당 단락만 표시한다.

5.3.2 § - 문서의 특정 절이나 하위 절 구분을 위해 사용하는 부호. 구분된 부분에는 기호 뒤 숫자에 의해 구분되는 숫자가 매겨진 단락이나 표제 그리고 그 속에 삽입된 예외 및 목록(글머리 기호나 숫자로 표시)뿐 아니라 모든 하위 표제와 단락이 포함된다. §§처럼 2 개가 사용되면 2 개 이상의 절이나 하위 절을 표시한다. 예를 들면, § 8.5 는 ¶¶ 8.5, 8.5.1, 8.5.1.1, 8.5.1.2, 8.5.1.2.1, 8.5.2 및 8.5.3(글머리 기호가 표시된 항목과 예외 포함)을 표시한다.

6 설계 기준

6.1 본 문서 § 6 의 내용은 본 문서의 준수 여부 판단을 위해 사용해야 한다.

6.2 부품은 의도한 용도(최소한 압력, 온도 및 화학적 용화성에 대한 고려 포함)를 기준으로 평가해야 하며, 그러한 용도에 적합해야 한다.

NOTE 15: SEMI S2 에는 부품의 적합성 및 용도에 대한 추가 기준이 포함된다.

NOTE 16: 관련 정보 3 에는 장비 환기 설계에 대한 권장사항이 포함된다.

6.3 물질 및 부품의 용화성 (Materials and Components Compatibility)

6.3.1 엔클로저 및 연결 덕트 물질을 비롯한 모든 1 차 및 2 차 봉쇄 구역 부품 와 배기 시스템 부품은 SME 공급자가 지정하는 공정 화학 물질 그리고 그러한 물질이 접촉하는 합리적으로 예측 가능한 모든 공정 부산물과 용화할 수 있어야 한다. 서로 다른 배기 시스템이 서로 다른 화학 물질을 운반하는 장비의 경우, 장비 내의 각 위치에서 적합한 물질을 사용해야 한다.

6.3.2 유출 공기와 접촉하는 덕트 및 기타 부품의 구성 재료는 그러한 유출 공기의 영향(예: 부식, 연화 또는 취화)을 견딜 수 있어야 한다.

NOTE 17: SEMI S2의 가연성 기준은 덕트 재료의 선택을 제한할 수 있다. 추가 정보를 위해서는 ¶ 7.5.4를 참조할 것.

6.4 설정 및 밸런싱 (Setup and Balancing)

6.4.1 § 6.4의 조항은 자동 댐퍼에 적용되지 않는다.

6.4.2 공급자는 장비 연결점이나 그 근처에 장비 유량 및 압력 사양을 충족하기 위한 트리밍(trimming) 장치로만 이용되는 댐퍼를 제공할 수 있다.

NOTE 18: 유출 공기가 배기 시스템 표면에 침적될 가능성이 높은 물질을 함유하고 있는 경우, 거의 폐쇄된 위치에서 균형을 잡은 댐퍼는 막힐 가능성이 높다.

6.4.3 게이트와 댐퍼는 부주의한 조정이나 무단 조정을 막기 위해 공구나 잠금 장치로 고정할 수 있어야 한다.

6.5 유지보수 절차를 위한 배기는 시스템 설계에 포함하거나, 시스템 PEV 및 SEV와는 별도로 AEV 기준을 지정해야 한다. 유지보수 절차를 위한 배기가 장비에 포함되는 경우, 시설이 제공하는 데 필요한 유량 및 정압은 SME에 대해 지정된 요구사항의 일부이다. AEV가 필요하다면, 장비 공급자는 다음을 지정해야 한다.

- 주입구 크기 및 형태
- 최소 및 최대 유량
- 최소 및 최대 정압

NOTE 19: 정압과 유량을 모두 지정하여 AEV 장비의 압력 저하로 인해 SOC 포획에 필요한 정도 이하로 유량이 줄어들지 않도록 해야 한다.

NOTE 20: 작업자나 제품이 SOC에 노출되는 것을 관리할 수 있도록 물질원에 최대한 가까운 위치에서 포획하는 것을 권장한다.

NOTE 21: 이 기준은 유지보수를 위한 배기 제공 방법을 설명하는 것이 목적이며, 그러한 환기가 모든 SME나 작업에 적합함을 서술하려는 목적이 아니다.

6.6 SME는 본 문서의 다른 성능 기준 충족을 위해 시설 연결점에서 -375 Pa ($-38 \text{ mm H}_2\text{O}$ 또는 -1.5 i.w.g) 이하의 정압을 시설이 제공하도록 요구할 수 없다.

예외: 장비(예: 코터) 설계에서 -375 Pa 이하의 압력이 필요하다면, 추가 정압 요구에 대한 기술적 근거를 최종 사용자에게 제공해야 한다. 아울러 필요한 정압 달성을 위한 방법을 설명해야 하며, 배출 라인의 모든

부분이 양압에 도달하는 것을 막아줄 수단(예: 연동 장치)을 설명해야 한다. 이 정보는 최종 사용자에게 설명서로 제공해야 한다.

6.7 시설 배기 시스템 연결점은 흔히 구할 수 있는 덕트 재료와 호환 가능한 크기, 형태 및 물질로 구성해야 한다.

7 성능 기준

7.1 본 문서 § 7의 내용은 본 문서의 준수 여부를 판단하는 데 사용해야 한다. 이러한 기준은 위험의 허용 가능성이 환기 성능에 따라 결정되는 경우에만 적용된다.

NOTE 22: SEMI S6의 본 버전 작성 당시 SEMI S2에는 정비 중 노출 기준이 명시되어 있지 않았으므로, 정비에 적용되는 배기 성능 기준이 본 문서에는 포함되지 않았다. 그러나 노출 기준이 확립되어 있다면, 유지보수의 배기 적합성 결정에 사용하는 방법을 정비에 적용할 수 있다. 기준이 없는 경우, 정비 작업 시 농도와 잠재적인 노출치를 평가할 필요가 있으며, 정비 작업을 수행하는 작업자에게 적합한 보호 조치를 제공할 필요가 있다.

7.2 방출량 및 생성량 (Release and Generation Rates)

7.2.1 방출을 시뮬레이션하여 배기의 적합성을 테스트하려면, 우려 물질의 가스(증기 포함)와 에어로졸이 정상 가동, 유지보수 및 고장(예: 용기의 과온 또는 1차 봉쇄 구역의 누출) 시 합리적으로 예측 가능하게 방출 또는 생성될 것으로 보이는 질량 유량 또는 체적 유량 및 속도를 규정해야 한다. 결정 요인에는 우려 물질의 물리적 상태(고체, 액체 또는 가스), 우려 물질이 SME에서 처리 및 이용되는 조건(예: 온도와 압력) 등이 포함된다.

7.2.2 장비 배기가 필요한 액체원은 몇 가지 방식으로 분류할 수 있다. 액체가 정상 가동 환경(예: 오픈 탱크 웨스테이션) 또는 유지보수 조건(예: CVD 공정실 습식 세정) 또는 비정상 조건(예: CVD 공정실 액체 공급 라인의 누출) 하에서 대기에 노출되는지 여부에 따라 이러한 액체원을 분류할 수 있다. 또한 독성, 인화성(또는 두 가지 모두) 등 액체의 위험 요소로 액체를 분류할 수도 있다.

7.2.2.1 액체 자체의 관리는 본 문서의 범위 밖이며 액체와 가스 방출의 유일한 차이점은 방출의 양과 위치이므로, 액체의 경우 또는 액체가 증기로 변환하는 경우 가스 방출에 적용되는 방법을 이용할 수 있다.

7.2.3 폐쇄 공정 장비 (Closed Processing Equipment)

7.2.3.1 정상 가동 상태에서는 우려 물질이 장비의 통풍된 엔클로저나 작업 환경으로 방출되거나 장비의 통풍된 엔클로저나 작업 환경에서 생성되지 않는다.

7.2.3.2 유지보수 중 방출량 또는 생성량은 장비, 장비의 용도 및 유지보수 활동에 따라 결정된다. 우려 물질의 1차 봉쇄 구역 개방과 관련된 유지보수 활동의 경우, 개방 공정 장비와 관련된 아래의 내용(§ 7.2.4)을 참조할 것. 1차 봉쇄 구역이 개방되지 않는 유지보수 활동에서는 우려 물질이 통풍된 엔클로저로 방출되거나 통풍된 엔클로저에서 생성되지 않는다.

7.2.3.3 합리적으로 예측 가능한 모든 단일 고장 조건(예: 과열, 과압)을 고려해야 한다. 이와 함께 액체 및 가스 파이프 시스템의 경우, "합리적인 예측 가능성"과는 관계없이 각 비용접 연결부의 분리도 고려해야 한다. 고장으로 인한 방출은 다음과 같이 측정한다.

NOTE 23: SME 에 적합한 시설 고장 조건의 최대 주입구 압력을 SME 제조업체가 지정할 것을 권장한다.

7.2.3.3.1 가스 및 액체 파이프 시스템의 예측된 고장 지점(각 비용점 연결부 포함)의 경우, 본 문서에 명시된 방출량은 1 차 봉쇄 구역이 고장 지점에서 분리되었을 때 우려 물질이 흐르는 양이다. 이는 우려 물질, 우려 물질의 압력 그리고 액체원과 1 차 봉쇄 구역 시스템의 엔지니어링 제어에 의한 유량 제한(예: 유량 제한 장치(의도적) 또는 필터(비의도적)를 통한)에 따라 결정된다. 부록 1 은 단절된 라인으로부터의 가스 방출 측정과 액체 방출로 인한 증기 생성량 측정을 위한 보수적 모델을 제공한다. 방출량 또는 증기 생성량을 측정하지 않았다면 이 모델들을 이용해야 한다.

7.2.3.3.2 엔지니어링 제어를 SME 에 포함시키거나, 장비 공급자는 사용자에게 제공되는 설명서에 시설에서 SME 로의 우려 물질 흐름을 엔지니어링 제어를 통해 특정 값으로 제한하도록 지정할 수 있다. 본 안전 가이드라인 준수 결정에 이용되는 방출량은 조립 및 누출 점검 절차 등의 행정적 관리에 의존해서는 안 된다.

NOTE 24: 본 문서를 작성한 테스트 포스는 우려 물질의 총 가용 유량 이외의 일반적으로 타당하지만 다소 덜 보수적인 방출량에 대한 합의에 도달하지 못했다. 배기 요구사항은 가용 유량에 대한 공급자 또는 사용자의 선택에 좌우될 것이다. 과류 방지 밸브, 플로우 스위치, 유량 제한기 등의 엔지니어링 제어를 통해 가용 유량을 제한함으로써 필요한 배기를 줄일 수 있다.

7.2.3.3.3 용기의 예측 고장 지점의 경우, 방출량은 고장 모드에 따라 결정된다.

NOTE 25: 용기 고장은 시간당 1 리터 미만의 속도로 액체를 방출하는 핀홀 생성에서 1 초 이내에 액체 전체 양을 방출하는 파열에 이르기까지 다양하다.

7.2.3.3.4 방출 양이나 지속 시간은 해당되는 우려 물질에 의해 제한된다. 우려 물질의 외부 공급이 없다면, 이는 장비의 우려 물질 양에 의해 제한된다.

7.2.3.3.5 또한 다음 두 가지 조건을 모두 충족하면, 방출 양이나 지속 시간은 고장 지점에서의 우려 물질 공급 자동 중단에 의해 제한될 수도 있다.

- ATL 이 방출 탐지 방법이 관련 성능 표준(예: 가연성 가스 센서에 적용되는 FM 6320, ANSI-ISA 12.13.01 또는 CSA 22.9 No. 152)을 준수한다고 인정한 경우. 이 기준의 경우 "성능 표준"은 SOC 를 탐지하는 탐지기 성능을 규정하는 표준이다.
- 흐름을 정지시키는 탐지기의 신호 수단이 SEMI S2 의 안전 연동 장치 기준을 충족하는 경우.

7.2.3.3.6 액체나 에어로졸 형태로 방출되는 우려 물질의 경우, 증기 생성량 측정 방법을 위해서는 부록 1 을 참조할 것.

7.2.4 개방 공정 장비 (Open Processing Equipment)

7.2.4.1 정상 가동 시 (In Normal Operation)

7.2.4.1.1 시스템 개방부(즉, 우려 물질이 환기 공간에 노출되는 부분)가 우려 물질을 환기 공간에 방출하거나 생성하는 양은 우려 물질과 노출의 물리적 조건에 따라 결정된다. 배기의 적합성을 방출 시뮬레이션을 통해 테스트하려면, 부록 1 의 방법을 이용해 증기 생성량을 측정해야 한다.

7.2.4.1.2 1차 봉쇄 구역의 폐쇄부에서 통풍된 엔클로저나 작업 환경으로 우려 물질이 방출되지 않는다.

7.2.4.2 유지보수 시 (During Maintenance)

7.2.4.2.1 유지보수 시 방출량 또는 생성량은 장비, 장비의 용도 및 유지보수 활동에 따라 결정된다.

7.2.4.2.2 시스템 개방부와 관련된 유지보수 활동의 경우, 우려 물질의 환기 공간으로의 방출 또는 생성은 우려 물질과 노출의 물리적 조건에 따라 결정된다. 배기의 적합성을 방출 시뮬레이션을 통해 테스트하려면, 부록 1의 방법을 이용해 증기 생성량을 측정해야 한다.

NOTE 26: 액세스웨이를 개방하면 노출 우려 물질을 통과한 공기의 속도, 유량 등을 비롯한 배기 조건에 변화가 발생할 수도 있다.

NOTE 27: 상당수의 장비 구성에서 유지보수 작업을 수행하는 작업자는 정상 가동 시 작업자가 차지하지 않은 위치를 차지할 수 있다.

7.2.4.2.3 시스템 폐쇄부의 우려 물질 1차 봉쇄 구역 개방과 관련된 유지보수 활동의 경우, 방출량 또는 생성량은 시스템의 관련 부분이 개방된 것으로 간주하고 측정해야 한다.

7.2.4.2.4 시스템 폐쇄부와 관련이 있지만 1차 봉쇄 구역이 개방되지 않는 유지보수 활동에서는 우려 물질이 통풍된 엔클로저로 방출되거나 통풍된 엔클로저에서 생성되지 않는다.

7.2.4.3 고장 시 (During Fault Conditions)

7.2.4.3.1 합리적으로 예측 가능한 모든 단일 고장 조건을 고려해야 한다. 고장으로 인한 방출은 다음과 같이 측정한다.

7.2.4.3.2 1차 봉쇄의 실패로 인한 방출량은 앞의 폐쇄 공정 시스템을 위한 설명에 따라 측정해야 한다.

7.2.4.3.3 다른 고장(예: 개방 액체 용기의 비정상적인 고온) 발생 시 방출량은 정상 가동에 적용되는 방법을 이용하되 정상 가동 조건을 고장 조건으로 대체해서 측정한다.

7.3 일반 기준 (General Criteria)

7.3.1 SME 설계에는 시설 배기의 전체 손실이나 일부 손실과 관련된 위험을 경감시킬 수 있는 수단이 포함되어야 한다. 이때 일부 손실은 장비 배기 기능이 본 안전 가이드라인에 제시된 기능을 수행할 수 있는 수준 이하로 시설 배기가 손실된 것을 말한다. 그러한 수단의 선택은 위험 분석 및 평가의 결과를 근거로 해야 하며, 장비를 안전한 상태로 되돌리는 자동 조치(예: 화학 물질 배출, 원천 차단, 개방 용기 덮기)를 제공해야 한다. 장비 구성(예: 국소 환경)이나 시설 구성(예: 시설 간 층류 차이)에 따라 위험 경감 수단을 달리 선택할 수 있다.

7.3.2 장비 공급자가 우려 물질의 공급을 엔클로저로 격리하지 않고 수행하는 유지보수 기능(수동 밸브 잠금 또는 조절기 조정) 절차를 서면으로 제공하는 경우, 불충분한 배기 성능을 야기하지 않는 방식으로 액세스웨이를 설계해야 한다. 이러한 기준은 이 유지보수 기능 수행 시 발생하는 위험의 허용 가능성이 환기 성능에 따라 결정되는 경우에만 적용된다.

NOTE 28: 이러한 특성의 절차가 유해 에너지 관리 관련 규정을 위반하지 않도록 검토할 필요가 있다.

7.3.2.1 유지보수 작업 수행을 위한 2차 봉쇄 구역 엔클로저 액세스는 액세스 시점에서 해당 엔클로저로의 방출이 없는 경우(즉 액세스 시점에서 방출이 진행되지 않고 액세스가 진행되는 동안 방출이 시작되지 않는 경우)에만 유지보수로 간주된다. 방출이 발생하고 있는 2차 봉쇄 구역 엔클로저로의 액세스는 방출이 정상 가동 조건이 아닌 고장 조건이므로 유지보수가 아니라 정비이다.

NOTE 29: 예를 들어 엔클로저의 SOC 농도가 유지보수 작업자에게 적용되는 노출 한계치 미만이라면, HEI 수행을 위한 가스 패널 엔클로저 액세스는 "유지보수" 작업에 해당한다(정의에 따라, 정상 가동에서는 농도가 지극히 낮음). 그러나 액세스웨이를 개방할 경우 그러한 한계치 이상의 노출로 이어지는 엔클로저 내부의 누출이 발생하면, 누출은 고장 조건이므로 액세스웨이 개방은 "유지보수"의 범위를 벗어나게 된다.

NOTE 30: SEMI S2 준수를 평가하면서 방출을 야기하는 유지보수 기능의 위험(예 : HEI 수행에 사용되는 밸브가 파손되는 경우)을 검토하는 것이 적절하다. 환기 설계, 1차 봉쇄 구역 설계 또는 기타 수단 등을 통해 그러한 위험을 경감하는 것이 적절하다.

7.4 작업자 노출 관리 (Management of Exposure to Personnel)

7.4.1 우려 물질의 배기 설계를 통해 위험 가스, 입자 및 증기를 정상 가동 시 확실하게 통제하여 작업실 공기의 농도가 SEMI S2의 정상 가동 시 호흡 영역 기준을 충족할 수 있도록 해야 한다.

7.4.2 우려 물질의 배기 설계를 통해 위험 가스, 입자 및 증기를 유지보수 작업 시 확실하게 통제하여 유지보수 작업자의 호흡 영역 농도가 SEMI S2의 호흡 영역 기준을 충족할 수 있도록 해야 한다. 유지보수 작업 시 노출 위험을 상세히 기술해야 하며, 유지보수 기간 중 배기 체적 유량과 배기 제공을 위한 방법에 대한 권고안을 작성해야 한다.

7.4.3 우려 물질의 배기 설계를 통해 위험 가스, 입자 및 증기를 고장 시 확실하게 통제하여 작업실 공기의 농도가 SEMI S2의 고장 시 호흡 영역 기준을 충족할 수 있도록 해야 한다.

7.4.4 정상 가동, 유지보수 또는 정비 시 작업자의 합리적으로 예측 가능한 호흡 영역에 엔클로저 내부의 공간이 포함된다면, 환기는 엔클로저의 해당 부분 내부 포켓팅(pocketing)을 제외해야 한다.

NOTE 31: 정비를 수행하는(즉, 고장 발생 후 장비를 수리하는) 작업자의 보호가 배기에 따라 결정되는 경우, 배기 설계를 통해 엔클로저 내부의 합리적으로 예측 가능한 호흡 영역의 농도가 IDLH의 절반을 넘지 않을 것을 권장한다. 충분한 공기 흐름을 통해 그러한 수준으로 희석하거나, 방출이 중단되고 충분한 시간이 경과하여 배기가 농도를 제한 수준 이하로 낮출 때까지 엔클로저에 대한 액세스를 막는 것과 같은 몇 가지 방법으로 이를 달성할 수 있다.

NOTE 32: 배기 이외의 제어 방법(예: 기타 엔지니어링 제어, 행정적 관리, 개인 보호 장비(PPE) 등) 제공을 통한 작업자 보호는 본 문서의 범위를 벗어난다.

7.5 화재 위험성 관리 (Management of Fire Risk)

7.5.1 공기의 발화 위험을 낮추는 두 가지 일반적인 방법은 그러한 공기의 존재 위험을 낮추는 것과 그러한 공기에 점화원이 존재할 위험을 낮추는 것이다. 장비 공급자는 장비 내부의 각 위치에 사용할 이러한 방법을 선택할 수 있다. 이러한 방법 중 어느 것이 나은 가를 제시하는 것은 본 안전 가이드라인의 목적이 아니다.

NOTE 33: LFL 의 25% 수준의 SOC, 산화제 및 잠재적 점화원을 동시에 함유하는 공기가 존재하여 발생하는 위험은 그러한 요소를 관리하여 해결할 수 있다. 그러나 산화제와 잠재적 점화원의 관리는 본 문서의 범위를 벗어난다.

NOTE 34: 공기와 접촉하면 발화하는 것이 자연 발화 물질의 특성이므로, 점화원은 자연 발화 물질 엔클로저의 설계 및 가동에 영향을 주지 않는다. 그러나 자연 발화 물질의 자연 발화 온도는 54.4°C(130°F) 정도로 높을 수 있으므로, 자연 발화 물질을 엔클로저로 방출한다고 해서 모두 자연 발화하는 것은 아니다. 충분히 이해할 수 없는 이유로 자연 발화 온도보다 높은 온도에서 자연 발화성 가스를 방출하더라도 가스가 축적되거나 발화가 지연되는 경우도 있다. 일부 물질의 경우 LFL 이 자연 발화를 위한 최소 농도보다 낮으므로, 점화원이 고려 대상이 되는 농도 범위가 있다. 또한 보다 강력한 점화원은 폭발 시 압력을 증가시킬 수 있다.

NOTE 35: 자연 발화성 가스가 모여 폭발 수준에 도달하지 않도록 정상(최대 1 m/s(200 fpm))보다 빠른 풍속을 지정했다. 연구¹⁰에 따르면 풍속은 실란(silane) 방출 지점의 발화 가능성에 영향을 주지 않는 것으로 밝혀졌다. SEMI S6 의 본 버전을 작성한 테스트 포스는 풍속이 자연 발화성 가스의 발화 가능성에 영향을 준다는 그 어떤 실험 증거도 알지 못한다. 방출 지점의 실란 압력이 발화 반응을 결정하는 주요 요소인 것으로 보인다.

NOTE 36: 사용자 및 관할 당국의 요구사항이 자연 발화성 가스 배기 시스템에 적용되는 설계 기준의 일부가 될 수 있다.

7.5.2 정상 가동과 유지보수 시 그리고 § 7.2 에 기술된 모든 방출 조건에서 장비 배기 설계는 산화제가 존재하는 경우 엔클로저 내부의 잠재적 점화원에서 LFL 의 25% 수준의 축적을 막아야 한다.

7.5.2.1 인화성 가스나 증기의 포획 및 제거를 위해 배기를 이용할 수 있다.

7.5.2.2 또한 배기를 이용해 비오염 공기로 희석할 수 있으며, 이를 통해 인화성 가스나 증기의 농도를 잠재적 점화원에서 LFL 의 25% 미만으로 유지할 수 있다.

7.5.2.2.1 인화성 SOC 용 엔클로저는 배기를 통해 엔클로저 전체에 충분한 희석을 보장할 수 있도록 설계해야 한다(즉, "포캐팅" 방지).

NOTE 37: 잠재적으로 LFL 의 25%를 포함하는 엔클로저 내부에 위치한 전기 부품은 전기 부품을 분류하는 규정 요구사항(NFPA 전기 규정 또는 통합 소방 규정 Class I, Division 2 등)의 적용을 받는다. 분류 장소 또는 위험 장소에 대한 이러한 규정의 요구사항은 전기 점화원에만 적용된다. 해당 장소에 전기 장비가 없다면, 이러한 요구사항은 적용되지 않는다. 특수 전기 설계의 필요 여부 관련 세부 정보는 EN1127, NFPA 497 및 94/9/EC 등의 문서에 수록된다. NFPA 497 에는 "일반적으로 분류가 필요 없는", 즉 일반적으로 특수 전기 설계가 필요 없는 구역으로 다음이 포함된다.

- 배기가 충분하고, 가연성 물질이 "적합한, 유지보수 상태가 훌륭한 폐쇄 파이프 시스템 내에 봉쇄되어 있는"구역.
- 배기가 충분하지는 않지만, 파이프에 누출되기 쉬운 부속품이 없는 구역.
- "적합한 용기"에 가연성 물질을 저장하기 위해 이용되는 구역.

7.5.3 체적 유량은 장비를 시설에 연결하는 지점에서 인화성 SOC 를 LFL 의 25% 미만(§ 7.2 에 기술된 바대로) 유지보수 또는 고장 조건에서)으로 희석하기에 충분해야 한다. 이러한 연결 지점에서 희석은 인화성 SOC 를 LFL 의 25% 미만으로 제한하는 주된 방법이다.

¹⁰ Tamanini, F., Chaffee J., "Ignition Characteristics of Releases of 100% Silane, FMRC J.I.0Z0R7.RK, December 14,1995 ,Factory Mutual Research Corporation, 1151 Providence Hwy., Norwood, MA 02062, USA.

7.5.4 정상 가동이나 유지보수로 인해 다음 중 하나의 결과를 가져온다면 장비 내부의 덕트는 불연성 물질(예: 철 합금 및 니켈 합금)로 구성해야 한다.

- LFL의 25% 이상인 인화성 가스(인화성 액체의 증기 포함).
- 덕트 워크에 쌓인 인화성 또는 가연성 잔류물.

예외: 덕트가 증기 LFL의 >25%를 포함한다고 합리적으로 예측되지만 고체나 액체 인화성 또는 가연성 잔류물을 포함하는 것으로 예측되지는 않는 경우, ATL이 적합한 표준(예: UL 181 - 공장 제조 에어 덕트 및 에어 커넥터 안전 표준, FM 4922 - 흡 배출 덕트 또는 흡 및 연기 배출 덕트)을 준수하는 것으로 인정하는 가연성 덕트, 덕트 부품 또는 물질을 사용할 수 있다.

NOTE 38: 일부 관할 당국은 횡단면이 특정 크기 이상인 덕트에서 방재 스프링클러를 의무화한다. 방재 스프링클러는 가연성 덕트 또는 LFL의 25%를 포함하는 덕트에서 요구될 수 있다.

NOTE 39: 일부 관할 당국은 LFL의 10% 이상인 인화성 물질을 포함하는 것으로 예측되는 덕트를 금지하거나 그러한 덕트에 대해 추가 요구사항을 부과한다.

7.6 효율성/최적화 (Efficiency/Optimization)

7.6.1 시설의 배기 시스템(들)에 대한 요구는 알람 최소화를 비롯한 안전 및 공정 요구사항을 충족하는 수준에서 최소화해야 한다. 장비 공급자는 보건 및 안전 목표(노출 관리 및 화재 위험성 축소) 달성을 위해 실행 가능한 최소한의 배기가 필요하도록 장비를 설계해야 한다.

7.6.1.1 공기 흐름이 다음을 초과하지 않으면 이러한 기준을 충족한 것으로 간주한다.

- (§ 7.2에 기술된 바대로) 유지보수 또는 고장 조건에서) 장비를 시설에 연결하는 지점에서 인화성 우려 물질을 LFL의 25% 미만으로 희석하는 데 필요한 유량의 2배.
- 분당 엔클로저(들) 체적의 10배를 제공하는 데 필요한 유량.

NOTE 40: 일반적으로 분당 5회 환기는 엔클로저 내부 공기를 충분히 혼합할 수 있는 것으로 간주된다. 그러나 그렇다고 엔클로저 내부의 성능 측정 의무 중 하나가 면제되지는 않는다. 또한 일부 관할 당국의 환기 규제 요구사항은 더욱 엄격하다.

7.6.1.2 보건 및 안전 목표 충족에 필요한 유량이 ¶ 7.6.1.1에 기술된 유량을 초과하면, 장비 공급자는 기준을 충족할 수 없는 이유를 사용자에게 서면으로 설명해야 한다.

7.6.2 배기 유량 요구사항이 잠재적인 방출량에 크게 좌우되므로, 장비 공급자는 필수 배기 유량 감소의 수단으로 유량 제한기나 과류 방지 밸브 등을 통한 우려 물질의 가용 유량 제한을 고려해야 한다.

NOTE 41: 오늘날 사용되는 상당수 장비의 경우 1차 봉쇄 구역 내부의 가용 유량은 계획적이고 예측 가능한 공정에 필요한 유량보다 훨씬 크다. 그러나 1차 봉쇄 실패 시 방출 가능한 것은 우려 물질의 가용 유량이다.

7.7 연동 장치와 모니터링 (Interlocks and Monitoring)

7.7.1 우려 물질의 탐지 (Detection of Substances of Concern)

7.7.1.1 우려 물질이나 악취성 또는 자극성 화학 물질을 사용하는 장비에는 1 차 봉쇄 구역의 방출을 탐지하는 센서를 제공해야 한다. 그 대안으로 사용자가 장비와 시설의 탐지 성능을 더욱 원활하게 통합할 수 있도록 장비 공급자는 탐지기를 제공하지 않고 탐지기의 위치 및 성능을 지정할 수도 있다. 공급자와 사용자는 이러한 대안을 명시적으로 협의해야 한다.

NOTE 42: 이는 각 화학종에 1 대씩의 탐지기를 의무화하는 것이 아니라, 모든 화학종을 탐지해야 함을 의미한다. 예를 들면 플로트(float) 스위치를 이용해 몇 가지 액체 시약의 누출을 탐지할 수 있으며, 수소 가스 탐지기를 이용해 인화수소, 비화수소 및 디보란(diborane)을 탐지할 수 있다.

7.7.1.2 탐지 방법은 ATL 이 관련 성능 표준(예: 가연성 가스 센서에 적용되는 FM 6320, ANSI-ISA 12.13.01 또는 CSA 22.9 No. 152)을 준수한다고 인정한 방법이어야 한다. 이 기준에서 "성능 표준"은 SOC 를 탐지하는 탐지기 성능을 규정하는 표준이다.

7.7.1.3 가스 센서는 1 차 봉쇄 구역의 방출을 탐지하여 이에 대응할 수 있도록 위치시킴으로써, 작업실 공기의 농도가 SEMI S2 의 호흡 영역 기준을 초과하거나 엔클로저 내부 또는 외부의 인화성 가스 농도가 잠재적 점화원에서 LFL 의 25%를 초과하지 않도록 해야 한다.

7.7.1.4 필수 누출 탐지 센서와 시스템의 감도는 제어 설계 시 결정해야 하며 잠재적 누출 물질의 유해위험요인 특성에 근거해야 한다.

7.7.1.5 특정 물질이 방출될 가능성이 있는 엔클로저에서만 발생하는 공기 흐름의 농도를 측정할 수 있는 위치에 가스 및 증기 센서를 설치해야 한다.

예외: 예외: 단일 SME 내부의 1 개 이상의 엔클로저에서 동시에 발생하는 공기 흐름의 농도를 측정할 수 있는 위치에 센서를 설치할 수 있다. 단, 이 경우 그러한 방식으로 사용되는 센서의 감도가 ¶ 7.7.1.3 의 기준을 충족해야 한다.

7.7.1.6 액체 센서가 우려 물질의 증기로 변환 가능성이 있는 액체 누출을 탐지할 수 있다면, 가스 센서 대신 액체 센서를 사용할 수 있다. 액체 센서는 누출을 탐지하고 대응할 수 있는 위치에 설치해, 산화제가 존재하는 경우 인화성 가스의(SEMI S2 에 정의된) 허용 가능 수준이나 농도가 잠재적 점화원에서 LFL 의 25%를 초과하여 노출되지 않도록 해야 한다.

7.7.2 배기 모니터링(배기 연동 장치) (Monitoring of Exhaust Ventilation(Exhaust Ventilation Interlocks))

7.7.2.1 배기 성능이 본 문서에 규정된 수준 이하로 떨어지는 경우, 안전을 위해 사용되는 PEV 및 AEV 시스템이 통합된 SME 에는 안전 연동 장치를 제공해 장비로 유입되는 화학 물질 및 장비 내부의 화학 물질 그리고 기타 모든 배기 관련 위험물의 흐름을 차단해야 한다.

7.7.2.2 SOC 탐지기가 § 7.7.1 에 따라 제공되지 않는, 안전을 위해 사용되는 SEV 가 통합된 SME. - 배기 성능이 본 문서에 규정된 수준 이하로 떨어지는 경우, 안전 연동 장치를 제공해 장비로 유입되는 화학 물질 및 장비 내부의 화학 물질 그리고 기타 모든 배기 관련 위험물의 흐름을 차단해야 한다.

7.7.2.3 SOC 탐지기가 § 7.7.1 에 따라 제공되는, 안전을 위해 사용되는 SEV 가 통합된 SME.

7.7.2.3.1 배기량 성능이 본 문서에 규정된 수준 이하로 떨어지지만 SOC 탐지기가 SOC 가 1 차 봉쇄 구역으로부터 방출되고 있음을 표시하지 않고, SOC 탐지기가 배기가 존재하지 않을 때 누출을 탐지하는 방식으로 설치된다면, SME 는 가공을 개시한 제품을 계속 가공할 수 있다. 그러나 충분한 배출 유량과 압력이 탐지될 때까지 추가 제품의 가공 개시는 금지해야 한다. 소프트웨어를 이용해 추가 제품의 가공 개시를 금지할 수 있다.

7.7.2.3.2 배기가 본 문서에 규정된 수준 이하로 떨어지고 SOC 탐지기가 SOC 가 1 차 봉쇄 구역으로부터 방출되고 있음을 표시하면, SME 는 안전 연동 장치의 작동을 통해 장비로 유입되는 화학 물질 및 장비 내부의 화학 물질 그리고 기타 모든 배기 관련 위험물의 흐름을 차단해야 한다.

NOTE 43: 이 조항의 목적은 장비에 연동 장치를 위한 센서를 포함시키고, 연동 장치 신호가 자동으로 작동 가능한 장비의 (공정 흐름 순서상) 첫 번째 밸브를 폐쇄하도록 하는 것이다. 우려 물질이 파이프를 통해 장비에 공급되면, 연동 장치도 외부 공급 시스템(예: 벌크 리필 시스템)에 신호를 보내 우려 물질의 공급을 중단시켜야 한다.

7.7.2.4 배기 모니터링 기능은 배기의 전체 손실이나 일부 손실을 탐지할 수 있어야 한다. 이때 일부 손실은 장비 배기 기능이 본 안전 가이드라인에 제시된 기능을 수행할 수 있는 수준 이하로 배기가 손실된 것을 말한다. 그러한 배기의 손실을 탐지하면 장비는 앞서 기술된 대로 자동으로 안전 상태로 전환되어야 한다(¶ 7.7.2.2 및 § 7.7.2.3 참조).

NOTE 44: 사용자 및 규제 요구사항을 충족시키기 위해 선택적 대응이 필요할 수도 있다.

7.7.2.5 배기 모니터링 및 연동 장치 부품은 SEMI S2 평가 목적을 위한 주요 안전 부품으로 인정해야 한다.

NOTE 45: SEMI S2 는 주요 안전 부품에 적용되는 기준을 포함하며, 평가 시 그러한 부품의 검토법을 기술한다.

7.7.2.6 인화성 가스의 희석 등과 같이 공기 흐름 양이 위험을 통제하는 배기의 특성인 경우, 정압 센서보다는 유량 센서의 사용을 권장한다.

NOTE 46: 유량 센서의 경우 엔클로저 개방을 통한 활성화 경향은 낮으며, 흡입이 차단되면 활성화된다.

7.7.2.7 정압 감지를 이용해 압력과 유량을 모두 모니터링하는 경우, 센서는 과잉 및 부족 정압을 모두 감지해야 하며 그러한 압력에 대응하여 연동 장치를 활성화해야 한다.

NOTE 47: 공기 주입구가 막히면(즉, 공기 흐름이 감소하면), 센서는 더욱 낮은 음의(보다 큰 절대값의) 정압을 표시한다. 불충분한 정압만 모니터링되는 경우, 공기 주입구가 막힐 때 센서가 연동 장치를 활성화하지 않는다.

7.7.2.8 SEV 엔클로저로부터의 독성 가스 배출 방지 등과 같이 정압이 위험을 통제하는 배기의 특성인 경우 정압 센서를 사용해야 한다.

7.7.2.9 유량과 압력을 동시에 측정할 필요가 있으면 유량과 압력을 동시에 측정하는 단일 센서를 사용할 수 있다.

7.7.2.10 안전 연동 장치에 사용되는 정압 또는 유량 센서는 효과적인 배기 범위를 벗어나는 배기 유량 또는 정압 상태를 탐지할 수 있는 충분한 성능을 갖추어야 한다. 고려되는 성능 특성에는 다음이 포함된다.

- 감도

- 정확성
- 반복성
- 히스테리시스
- 데드밴드
- 반응 시간

7.7.2.11 정압 및 유량 센서는 댐퍼의 업스트림에서(즉 장비 쪽에서) 상태를 측정해야 한다.

NOTE 48: 일부 유량 감지 장치는 작동을 위해 특정 덕트 특성(예: 덕트의 직선 부분)이 필요하다. 연동 장치로 사용되는 배기 감지 장치는 장비의 설비 통합에 적합해야 한다. 유량 감지 장치가 배기 구성에 적합하지 않다고 판단되면, 과잉 및 부족 정압을 감지하는 정압 감지 장치를 권장한다.

7.7.2.12 섀다운 유발 시 시간 지연 기능을 포함시켜 일시적인 시설 정압 및 유량 변화가 발생하는 동안 장비가 계속 가동되도록 할 수 있다. 섀다운 지연에 사용되는 장치는 SEMI S2의 안전 연동 장치 기준을 준수해야 한다.

7.7.2.12.1 이러한 지연으로 인화성 가스의 허용 가능 수준 또는 농도가 잠재적인 점화원에서 LFL의 25%를 초과하는 노출로 이어지지 않는다는 점이 테스트를 통해 검증된 경우에만, PEV 및 AEV에 대해 지연이 허용된다.

7.7.2.12.2 SEV의 경우 이러한 지연은 다음의 경우에만 허용된다.

- 2차 봉쇄 구역으로의 방출 시 이러한 지연으로 인화성 가스의 허용 가능 수준 또는 농도가 잠재적인 점화원에서 LFL의 25%를 초과한 노출로 이어지지 않는다는 점이 테스트를 통해 검증된 경우.
- 또는 2차 봉쇄 구역으로의 방출 빈도 및 영향과 불충분한 배기의 예상 심각도 그리고 이러한 이벤트의 공통 원인 존재 여부를 고려한 위험성 평가를 통해 시간 지연에 의한 위험이 허용 가능한 수준이라는 점이 밝혀진 경우.

7.7.3 알람 및 원격 신호 (Alarms and Remote Signaling)

7.7.3.1 모든 SOC 탐지 및 배기 센서와 모니터에 로컬(장비 근처 또는 내부) 가시 알람을 제공해야 한다. 이 기준은 경보 장치(예: 스트로브) 이용 또는 장비 가동 콘솔에 표시되는 메시지를 통해 충족할 수 있다. 탐지된 조건으로 인해 허용할 수 없는 노출 위험을 야기할 수 있는 위치에 있는 작업자에게 경고할 수 있도록 알람의 위치를 설정해야 한다.

7.7.3.2 PEV나 AEV의 유량 또는 압력의 손실이나 부족을 탐지하기 위해 로컬 가청 알람을 제공해야 한다.

7.7.3.3 SEV 유량 또는 압력의 손실이나 부족과 동시에 발생하는 폐쇄 공정 시스템의 방출을 탐지하기 위해 로컬 가청 알람을 제공해야 한다.

7.7.3.4 장비는 SOC 탐지 및 배기 센서와 모니터의 신호를 시설 알람 시스템에 제공할 수 있는 기능을 갖추어야 한다.

7.7.3.4.1 SOC 탐지기의 신호는 SOC(또는 탐지기가 1 종 이상의 SOC 를 탐지하는 경우 SOC 의 종류)와 SOC 의 탐지 위치를 알려 주어야 한다. 신호가 탐지된 농도를 보고할 수 있다. 신호가 탐지된 농도를 보고하지 않으면, 장비 공급자는 사용자에게 제공하는 설명서에 탐지기가 보고하는 최소 농도를 포함시켜야 한다. 사용자가 최소 보고 농도를 조정하려는 경우, 장비 공급자는 조정 지침 그리고 SEMI S2 의 노출 기준 충족을 위해 설정할 수 있는 탐지기의 최소 보고 농도 한계를 포함시켜야 한다.

7.7.3.4.2 배기 센서와 모니터의 신호는 배출 부족이 탐지되는 위치를 보고해야 합니다. 정압과 유량이 별도로 감지되거나 모니터링되면, 신호는 어떤 상태가 감지되었는지 보고해야 한다.

7.7.4 장비 반응 - 폐쇄 공정 시스템으로부터의 방출이나 PEV 또는 AEV 의 부족이 감지되면, 장비는 1 차 봉쇄 구역 해당 부분으로의 화학 물질 이동을 차단해야 한다(예: 내부 밸브 잠금, 내부 펌프 중단, 압력 구동 시스템의 압력 완화 등을 통해).

8 검증 방법 및 보고

8.1 본 절의 목적 (Purposes of this Section)

8.1.1 본 문서 § 8 의 내용은 본 문서의 준수 여부 판단을 위해 사용해야 한다.

8.1.2 장비 공급자나 그 대리인은 본 절의 해당 검증 테스트를 이용해 정상 가동 시, 유지보수 작업 중 그리고 고장 발생 시 배기가 § 7 에 기술된 성능 기준을 충족함을 입증해야 한다. 또한 장비 공급자나 그 대리인은 본 절의 검증 테스트를 이용해, 설치 장비의 배기가 적절하게 가동되고 있는지 검증하기 위해 사용되는 특성값(예: 정압)을 확정해야 한다.

8.1.3 동일한 목적 또는 설치 후 장비 성능의 검증 등을 목적으로 사용자를 비롯한 타인이 본 절의 검증 테스트를 이용할 수 있다.

8.1.4 사용자의 시설이 제공하는 설비 또는 시설 배기 서비스가 장비 공급자가 지정한 대로 이루어지지 않으면, 사용자나 그 대리인은 본 절의 검증 테스트를 이용해 정상 가동 상태에서, 유지보수 작업 중 그리고 고장 발생 시 배기가 § 7 에 기술된 성능 기준을 충족함을 입증해야 한다. 또한 장비 사용자나 그 대리인은(그러한 설비에 대해) 본 절의 검증 테스트를 이용해, 설치 장비의 배기가 적절하게 가동되고 있는지 검증하기 위해 사용되는 특성값(예: 정압)을 확정해야 한다.

8.2 테스트 조건 및 장소 (Test Conditions and Locations)

8.2.1 SEMI S2 는 장비의 다양한 작업 및 상태에 적용할 수 있는 다양한 독성 물질 노출 기준을 제시하므로, 여러 기준으로 다양한 방출량에서 배기 성능을 테스트해야 할 수도 있다. 예를 들면 정상 가동에 적용되는 노출 기준으로 특정 가동 온도의 액체를 사용하여 그리고 고장 상태에 적용되는 노출 기준으로 단일 고장 상태의 최대 온도의 액체를 사용하여 웨스테이션을 테스트할 필요가 있을 것이다.

8.2.2 측정은 장비 부품 조립 후 수행해야 한다.

8.2.3 테스트 물질 선정 우선 순위 (Hierarchy for Selecting Test Substances)

8.2.3.1 가능한 경우, 테스트는 장비의 대표 표본 부분에서 우려 물질 및 공정을 이용해 수행해야 한다.

8.2.3.2 이러한 테스트가 허용할 수 없는 위험을 야기한다면, 아래에 기술된 대로 테스트를 수행할 수 있다(선호도가 높은 것부터).

- 가스 우려 물질의 경우, 방출 지점의 가용 가스 유량에 대한 엔지니어링 분석에 따라 결정되는 속도로 방출되는 추적 가스. 단, 테스트는 의도된 가동 조건에서 장비의 대표 표본 부분에서 수행한다(부록 1 참조).
- 액체 우려 물질의 경우, 우려 물질의 적정 온도보다 높은 적정 온도 증발량을 지닌 대체 액체. 단, 테스트는 의도된 가동 조건에서 장비의 대표 표본 부분에서 수행한다(증발량 측정법에 대해서는 부록 1 을 참조할 것).
- 액체 우려 물질의 경우, 부록 1 에 기술된 증발량 측정법을 이용해 결정되는 양으로 방출되는 추적 가스. 단, 테스트는 의도된 가동 조건에서 장비의 대표 표본 부분에서 수행한다.
- 액체 우려 물질의 경우, 부록 1 에 기술된 우려 물질의 속성을 이용한 추정 증기 생성량 계산법을 이용해 결정되는 양으로 방출되는 추적 가스. 단, 테스트는 의도된 가동 조건에서 장비의 대표 표본 부분에서 수행한다.

8.2.3.3 우려 물질용 기구의 감도가 충분하지 못하거나 우려 물질을 위한 기구를 사용할 수 없는 경우에는 추적 가스 탈루 배기 테스트(부록 2 참조)를 이용할 수 있다. 우려 물질 테스트가 허용할 수 없는 위험을 야기하는 경우(예: 위험 가스의 대기 방출 가능성이 있는 시스템 고장 시뮬레이션) 추적 가스 테스트를 이용해야 한다. 추적 가스 방출량 측정법에 대해서는 부록 1 을 참조할 것.

8.2.4 공기 중 농도 측정을 위한 시료 채취 시간 (Sampling Time for Measuring Airborne Concentrations) - OEL 과 일치하는 시간 동안 가동, 유지보수 또는 시뮬레이션 고장 조건 하에서 시료 채취를 수행해야 한다.

8.2.4.1 TWA 와 STEL 의 경우, OEL 노출 시간 동안의 통합 시료 채취가 선호된다. 또는 노출 시간 동안 지속적인 시료 채취를 수행한 후 데이터에서 평균 농도를 계산할 수도 있다. 평균 농도를 § 7 의 성능 기준과 직접 비교하여 본 문서의 준수 여부를 결정해야 한다.

예외: SME 의 공정 사이클이 TWA 의 노출 시간보다 짧은 경우, 시료 채취를 전체 공정 사이클 동안 수행한 뒤 사이클의 평균값을 TWA 와 비교하여 준수 여부를 결정할 수 있다.

8.2.4.2 최고 한계와 IDLH 한계의 경우, 작업 시간 동안 지속적으로 시료 채취를 수행해야 한다. 최고 측정 농도를 § 7 의 성능 기준과 직접 비교하여 본 문서의 준수 여부를 입증해야 한다.

NOTE 49: 노출 시간 별로 각 OEL 이 지정된다. 예를 들면, ACGIH 는 8시간의 노출 시간에 대한 시간 가중 평균(TWA) 한계와 15분의 노출 시간에 대한 단기 노출 한계를 지정한다. 측정 농도를 OEL 과 비교할 때, 측정 시간은 OEL 에 대해 지정된 시간과 일치해야 한다. 예를 들어 HCl 공기 시료가 채취되면, 순간 공기 시료 채취법이나 직접 판독 도구를 이용해 TLV 한계 수준의 25%를 초과하는 최고 배기량이 있는지 측정해야 한다. 시간 가중 평균 한계와 단기 노출 한계를 가지는 화학 물질의 경우, 그러한 OEL 값과 비교 가능한 데이터를 제공하는 시료 채취 방법을 선택해야 한다.

NOTE 50: TWA 가 지정되지만 STEL 이나 최고 한계는 지정되지 않는 물질의 경우, 노출의 순간 최고치를 TWA 의 5 배로 그리고 교대조 당 최고 30 분에 대해 노출을 TWA 의 3 배로 제한하는 것이 일반적으로 허용된다.

8.2.4.3 순간 시료 채취법의 감도가 충분하지 못하거나 해당 우려 물질(들)에 이용할 수 없는 경우에는 통합 시료 채취법을 이용할 수 있다. 통합 공기 시료 채취법을 이용하는 경우, 시료의 지속 시간과 위치(들)는 최악의 경우를 가정한 현실적인 예상 노출 시간과 위치를 대표해야 한다.

8.2.4.4 산출 농도를 § 7의 성능 기준과 직접 비교하여 본 문서의 준수 여부를 입증한다.

8.2.5 **중요 배기 위치의 확인** (*Identification of Critical Exhaust Ventilation Locations*) - 장비 공급자는 배기를 위한 모든 중요 장비 위치를 확인하고 그러한 위치에 적합한 배기 값을 수량화해야 한다. 측정을 통해 최적의 배기 수준을 확인하고, 안전 기준을 준수하고 있음을 확인해야 한다. 여러 가지 검증 및 측정법이 필요할 수도 있다.

NOTE 51: 공정 성능은 배기 값의 영향을 받을 수 있다.

8.3 시료 채취 및 측정 위치 (*Sampling and Measurement Locations*)

8.3.1 시료 위치(들)는 최악의 경우를 가정한 현실적인 호흡 영역(배기를 이용해 노출로부터 작업자를 보호하는 곳)과 잠재적 점화원 위치(배기를 이용해 화재 위험성을 완화하는 곳)를 대표해야 한다.

NOTE 52: 공기 또는 와이프(wipe) 시료 채취를 이용해 우려 물질이 장비의 의도하지 않은 구역으로 이동하지 않고 있음을 확인할 수 있다.

8.3.2 일반적으로 장비 사용자는 장비 1대의 덕트가 나머지 배기 시스템에 연결되는 경우 밸런싱을 위해 스톱 밸브를 이용한다. 압력 및 유량 측정은 이러한 밸런싱 밸브의 장비 측면에서 수행해야 한다.

8.4 시험 절차 및 방법 (*Testing Procedures and Methods*)

8.4.1 배출 포획 포켓팅에 대한 환기 설계 평가 기준 검증 (*Validation of Criteria for Evaluating Ventilation Designs for Pocketing Exhaust Capture*)

8.4.1.1 우려 물질을 포함하거나 잠재적으로 포함하는 엔클로저를 시각적으로 평가하여 전체적으로 충분한 공기 흐름이 존재할 가능성이 있는지 또는 속도가 낮거나 없는 구역이 존재할 가능성이 있는지 판단할 수 있다.

NOTE 53: 일부의 경우, 허용할 수 없는 오염 물질 농도의 포켓 형성을 막을 수 있도록 공기 흐름 패턴이 적절한 배기를 제공하는지를 자격을 갖춘 전문가가 시각적 검사로 판단할 수 있다. 보다 복잡한 경우에는 이러한 판단을 위해 경험적 방법(예: 속도 프로파일링, 에어로졸 시각화)을 사용해야 한다.

8.4.1.2 컴퓨터 모델링을 수행해 유체 역학의 에너지 및 질량 보존 방정식을 풀어 장비의 배기 유량과 우려 물질 운반 효율성을 예측할 수 있다. 모델링은 장비 설계 단계에서 이용하거나 기존 장비 개선을 목적으로 이용할 수 있다. 컴퓨터 모델은 다음에 언급되는 방법 중 한 가지 이상을 이용해 실험에 기초하여 검증해야 한다.

NOTE 54: 컴퓨터 모델링은 상업적으로 이용 가능한 서비스이다.

8.4.1.3 장비 내부의 속도 프로파일링을 이용해 예상 공기 흐름, 포획 속도, 흐름의 방향 그리고 배기 주입구로부터 다양한 거리에서의 속도를 확인할 수 있다. 또한 이를 이용해 엔클로저 내부에 공기 흐름이 충분치 않은 부분이 있는지를 확인할 수도 있다.

8.4.1.3.1 *테스트 방법 (Test Method)* - 열선 풍속계 등의 속도 측정 장치를 이용해 여러 가지 측정치를 기록하며, 최소 및 평균값을 측정한다.

8.4.1.3.2 *에어로졸 시각화 (Aerosol Visualization)* - 탈이온수 에어로졸 발생기 등의 장비에 의해 생성된 눈에 보이는 유출 공기를 이용해 공기 흐름 패턴, 흐름의 방향, 거리가 오염 물질 포획에 미치는 영향 등을 관찰할 수 있으며, 침체 구역(공기 역학 상의 "데드 스팟")이 있는지 확인할 수 있다. 또한 에어로졸 시각화는 개방조(open surface tank), 슬롯 환기 장치, 코터 볼(coater bowl), 유사한 개방 또는 부분 개방 시스템의 증기 포획 평가를 위해 사용할 수 있다.

8.4.2 *SEMI S2 허용 가능 농도 기준에 대한 준수 확인 (Validation of Conformance to SEMI S2 Permissible Concentration Criteria)*

8.4.2.1 공기 중 관심 물질을 직접 측정할 때는 국가 또는 국제적으로 승인된 테스트 방법을 이용해 측정해야 한다.

NOTE 55: NIOSH 테스트 방법(<http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html>에서 입수 가능)은 특정 독성 물질 테스트에 이용된다.

8.4.2.2 추적 가스 탈루 배기 테스트(테스트 방법은 부록 2 참조)는 가스 배출을 시뮬레이션하고 제어의 효율성을 측정함으로써 엔클로저의 무결성을 테스트하는 방법이다. 고장이 발생할 때까지 테스트를 수행하고 테스트에 통과할 때까지 배기 유량을 증가시켜 공기 흐름 사양 최소화를 지원할 수 있다.

8.5 *설치 장비의 검증에 이용되는 측정 (Measurements to be Used for Validation of Installed Equipment)*

8.5.1 본 안전 가이드라인의 다른 절에서 기술된 바와 같이 탈루 배기 테스트는 설계 검증을 위해 필요하다. 일단 엔클로저 요구사항이 설계 검증 중 확정되었다면, 장비 설치 후 체적 유량을 측정하여(예: 열선 풍속계 사용 등을 통해) 배기의 성능을 확인할 수 있다.

8.5.2 일단 (설계 검증 중) 탈루 배기량 측정으로 포획이 확인되었으면, 측정을 특정 개구부(보충 공기 슬롯, 액세스웨이 또는 창문 등)에서 수행해 탈루 배기를 통제하는 동안 이러한 특정 개구부의 최소 유속을 확정해야 한다. 배기 테스트 진행 시 덮개, 문, 댐퍼, 밸브 손잡이 개구부 등의 위치 그리고 유량 제한(배기가 제공되거나 배기가 통과하는 용기의 액체 수준 등)을 기록해, 테스트 조건을 똑같이 재현할 수 있도록 한다.

NOTE 56: 이러한 속도 측정은 연결 지점에서 공급자의 사양에 가깝게 설정된 장비 배기에 단순히 의존하는 것보다 더 엄격한 배기 성능 확인 수단을 제공하는 데 필요하다.

NOTE 57: 측정치가 일반적인 실내 난기류가 아니라 배기 흐름을 측정한 결과가 되도록 주의를 기울여야 한다. 속도 측정치가 난기류에 의한 것인지 또는 난기류가 오염 물질 포획에 불리한 영향을 줄 수 있는지 증기 시각화를 통해 규명할 수 있다.

8.6 *보정 계수 (Correction Factors)*

8.6.1 세부 내역은 산업 환기(Industrial Ventilation)¹¹에 정의된 대로 표준 공기 밀도(kg/m^3 또는 1 lb/ft^3)로 표시해야 한다. 측정치가 비표준 공기의 측정치라면 밀도에 대한 보정 계수를 지정한다. 사용자는

¹¹ ACGIH, *산업 환기, 권장 관행 매뉴얼* 1330 Kemper Meadow Drive, Cincinnati, OH 45240-1634, USA. <http://www.acgih.org>; 미의회 도서관 카탈로그 카드 번호:62-12929.

600 미터(2,000 피트) 이상에서 측정한 필드 밸런싱 측정치를 보정한 후 공급자가 지정한 데이터와 비교해야 한다. 또한 600 미터 이상의 고도에서 데이터를 측정했다면 공급자는 데이터를 평균 해수면에 맞추어 보정해야 한다.

8.6.2 덕트에서 표준 공기 온도(21.1°C(70°F))이외의 온도로 측정한 유량 측정치는 표준 조건에 맞추어 보정해야 한다.

8.6.3 고도 및 온도에 대한 보정은 다음 관계를 이용해야 한다.

$$M^3/hr = (m^3/hr)(294.3/T_K)(D) \text{ or } CFM = (cfm)(530/T_R)(D)$$

여기에서

M^3/hr = 시간당 표준 입방미터

m^3/hr = 시간당 측정 입방미터

T_K = $K(T_K = T_C + 273.2)$ 로 표시한 측정 온도

T_C = 섭씨로 표시한 측정 온도

D = 고도 밀도 보정 계수(표 1 참조)

CFM = 분당 표준 입방피트

cfm = 분당 측정 입방피트

T_R = $R(T_R = T_F + 459.7)$ 로 표시한 측정 온도

T_F = 화씨로 표시한 측정 온도

Table 1 밀도 보정 계수

고도(Altitude)	밀도 보정 계수 (Density Correction Factor)
평균 해수면	1.00
300m(1,000ft)	0.96
600m(2,000ft)	0.93
900m(3,000ft)	0.89
1,200m(4,000ft)	0.86
1,500m(5,000ft)	0.83

8.6.3.1 공기 온도가 37.8°C (100°F)보다 낮은 경우, 습도 보정은 불필요하다. 온도가 37.8°C (100°F)보다 높은 경우, 함수율(moisture content)이 2% 물/건조 공기보다 크다면 습도를 보정해야 한다. 습도 보정을 위해 필요한 경우, 추가 세부 정보는 산업 환기(Industrial Ventilation), 권장 관행 매뉴얼(a Manual of Recommended Practice)을 참조할 것.

NOTE 58: 이러한 조건이 사용자 시설 환경에 존재할 것으로 기대되지는 않는다.

8.7 기구 (Instruments)

8.7.1 사용되는 측정 기구는 양호한 작동 상태와 최신 보정 상태(즉, 기구 제조자가 지정한 방식과 시기에 따라 최근에 보정된) 하에서 관심 범위를 측정할 수 있어야 한다.

NOTE 59: 배기 압력 및 유량 측정에 사용되는 기구의 설명, 작동, 유지보수 및 한계는 산업 환기(Industrial Ventilation), 권장 관행 매뉴얼(a Manual of Recommended Practice)의 9장에서 다룬다. 이와 짝을 이루는 참조 자료는 환경 시스템의 밸런싱 조정 테스트를 위한 절차 표준이다.¹²

8.7.2 기구의 정확도를 테스트 보고서에 포함시켜야 한다.

8.8 화재 위험성 관리 (Management of Fire Risk)

8.8.1 잠재적 점화원에서 LFL 의 25% 테스트는 부록 4: 시험 방법: 인화성 가스 및 증기원의 공기 패턴 평가 테스트 방법에 기술된 방법을 이용해 수행해야 한다.

NOTE 60: 인화성 가스나 증기를 엔클로저 배출구에서 LFL 의 25%로 희석시키기에 충분한 최소 공기 흐름에서 테스트를 시작하는 것을 권장한다.

8.8.2 인화성 물질의 공기 중 농도가 LFL 의 25% 미만임을 테스트하고 검증하기 위해 다음의 순서를 따라야 한다.

8.8.2.1 직접 판독 기구로 잠재적 점화원에서의 측정이 가능한 경우, 인화성 가스/증기의 측정을 위해 선호되는 방법은 직접 판독 기구에 의한 방법이다.

8.8.2.2 직접 판독 기구를 문제가 되는 우려 물질에 사용할 수 없거나 직접 판독 기구로 잠재적 점화원에서 측정이 가능하지 않은 경우에는 추적 가스 분석법을 이용할 수 있다.

8.8.2.2.1 등가 방출량 및 속도를 측정한다(부록 1 참조).

8.8.2.2.2 추적 가스를 잠재적 누출 지점에서 방출한다.

8.8.2.2.3 잠재적 점화원에서 시료를 채취한다.

8.8.2.2.4 결과를 문제가 되는 우려 물질의 LFL %로 보고한다.

NOTE 61: 그러한 테스트가 없거나 인화성 가스를 충분히 감소시킬 수 없다면, 발화 가능성을 낮추기 위해 특수 전기 설계나 기타 제어(예: LFL 탐지기, 승인된 정화(purging))가 필요할 수도 있다. 잠재적 점화원의 제거는 배기 요구사항을 줄이는 수단이다.

NOTE 62: 배기를 통해 가스 또는 증기의 LFL 25% 미만을 달성할 수 있는지 확인할 수 없다면, 모니터링 장치를 설치하고 연동시켜 잠재적 점화원이나 연료원을 차단할 수 있다. 연료원의 제거는 배기 요구사항을 줄이는 수단이다.

NOTE 63: 일부 관할 당국은 덕트의 모니터링 포인트를 LFL 10%로 설정할 것을 의무화한다. 그러나 이러한 조치를 본 문서의 잠재적 점화원 근처의 25% 미만 기준과 혼동해서는 안 된다.

8.9 효율성과 최적화는 측정된 공기 흐름 양을 § 7의 기준과 비교하여 평가해야 한다.

¹² National Environmental Balancing Bureau, 1385 Piccard Drive, Rockville, MD 20850-4340