



# 진공 펌프 및 진공 시스템

안전 설명서

# 저작권 공지

©Edwards Limited 2019. All rights reserved.

# 목차

<b>1. 소개</b> .....	<b>5</b>
1.1 본 출판물 범위.....	5
1.2 폭발 위험.....	5
<b>2. 위험이 발생하는 경우</b> .....	<b>7</b>
2.1 설계.....	7
2.2 구조.....	7
2.3 작동 / 시운전.....	7
2.4 유지보수 / 해체.....	8
<b>3. 위험 물질의 화학원</b> .....	<b>9</b>
3.1 화학 반응 및 폭발.....	9
3.1.1 동종 반응.....	9
3.1.2 이종 반응.....	9
3.2 비정상 반응 문제.....	9
3.3 폭발 위험.....	9
3.3.1 산화제.....	10
3.3.2 가연성/폭발 물질.....	10
3.3.3 발화성 물질.....	11
3.3.4 아지드화 나트륨.....	11
3.4 독성 또는 부식성 자재.....	12
3.4.1 독성 자재.....	12
3.4.2 부식성 자재.....	12
3.5 요약 - 위험 물질의 화학원.....	13
<b>4. 위험 물질의 물리적 원인</b> .....	<b>14</b>
4.1 과압 위험 유형.....	14
4.2 과압 펌프 배기.....	14
4.3 배기 과압으로부터 보호.....	14
4.4 흡입구 과압.....	15
4.4.1 압축 가스 공급장치 및 배압.....	15
4.4.2 잘못된 펌프 작동.....	15
4.5 요약 - 위험 물질의 물리적 원인.....	16
<b>5. 위험 분석</b> .....	<b>17</b>
<b>6. 시스템 설계</b> .....	<b>18</b>
6.1 시스템의 압력 정격.....	18
6.2 정체 부피 제거.....	18
6.3 배기 추출 시스템.....	19
6.4 잠재적인 폭발성 가스 또는 증기 혼합물의 원인.....	19

6.5 가연성 공간 방지.....	19
6.6 시스템 무결성 수준.....	22
6.7 화염 방지기 보호 시스템 사용.....	22
6.8 점화원.....	23
6.9 요약- 시스템 설계.....	24
<b>7. 올바른 장비 선택.....</b>	<b>25</b>
7.1 오일 밀봉 로터리 베인 및 피스톤 펌프.....	25
7.2 Edwards 건식 펌프.....	26
7.3 파이프라인 설계.....	26
7.3.1 벨로스.....	26
7.3.2 플렉시블 파이프라인.....	26
7.3.3 앵커 지점.....	27
7.3.4 스피.....	27
7.4 물리적 과압 보호.....	27
7.4.1 압력 안정.....	27
7.4.2 과압 알람/트립.....	27
7.4.3 압력 조절기.....	27
7.4.4 화염방지기.....	27
7.5 퍼지 시스템.....	28
7.6 요약- 올바른 장비 선택.....	28
<b>8. 작동 절차 및 교육.....</b>	<b>29</b>
<b>9. 요약.....</b>	<b>30</b>

Edwards Ltd는 여기에 설명된 정확성, 사례, 안전 및 정보 결과, 절차 또는 응용분야에 대한 사항이 무엇이든지 어떠한 책임이나 보증도 부인합니다. Edwards Ltd는 본 프레젠테이션에 포함된 정보나 어떤 측면이든지 부정확하거나 불완전하게 제공된 정보의 신뢰성으로 인하여 발생하는 어떠한 손실이나 피해에 대해 책임지지 않습니다. 여기 포함된 정보는 자문용이라는 점을 참고하십시오. Edwards가 위험 자재 사용으로 인한 잠재적 위험 물질 관련 지원을 제공할 수 있지만, 최종 사용자는 작동 및 환경에 대한 위험 평가/위험 분석을 실행하고 정부 규제를 준수할 책임이 있습니다.

# 1. 소개

## 1.1 본 출판물 범위

본 문서에는 진공 펌프와 진공 시스템의 사양, 설계, 작동 및 유지보수 관련 안전 정보가 있습니다.

본 문서는 발생할 수 있는 일부 잠재적 위험을 식별하며, 안전 위험의 가능성을 최소화 하도록 돕고 위험 발생시 적절히 대응하기 위한 가이드라인을 제공합니다.

본 문서는 진공 펌프와 진공 시스템을 명시, 설계, 설치, 작동 또는 유지보수하는 사람을 대상으로 합니다. 본 문서를 다음 문서와 함께 읽을 것을 권장합니다.

- 장비와 함께 제공된 지침 설명서
- 공정 가스 및 화학 물질 공급업체가 제공한 정보
- 안전 부서에서 공급한 정보



### 경고:

본 설명서와 관련 펌프 지침 설명서에서 제공하는 안전 지침을 준수하지 못할 경우 심각한 해를 입거나 사망에 이를 수 있습니다.

공정 응용에 대한 Edwards 제품의 적합성 또는 귀하의 진공 펌프나 진공 시스템의 안전 측면에 대한 자세한 정보를 알아보려면 공급업체나 Edwards에 문의하십시오.

## 1.2 폭발 위험

### 참고:

*Edwards 펌프 이용은 잠재적인 폭발성 대기에서 사용하는 장비의 European ATEX 지침을 충족합니다.*

예상하지 못한 폭발은 언제나 안전 가이드라인을 준수하지 않아 발생합니다. 그럼에도 불구하고, 일부 폭발 사고는 매우 심각한 수준이었으며 상해나 죽음에 이를 수도 있었습니다.

진공 시스템 구성요소가 격렬하게 파열되는 일반적인 원인은 가연성 자재의 점화, 펌프 배출구의 막힘 또는 제한 때문입니다. 위험을 방지하기 위해 다음 사항에 주의할 기을 여 진공 펌프와 시스템의 안전한 작동을 보장해야 합니다.

- 시스템이 진공 펌프에서 점화될 수 있는 농도로 펌핑 자재를 펌핑하기 위해 설계되지 않았다면, 가연성 물질 및 산화제의 혼합이 가연성 범위 밖으로 유지되어야 합니다. 불활성 퍼지 사용은 이를 달성하기 위한 방법 중 하나입니다. [가연성 공간 방지](#)/ 페이지 19를 참조하십시오.
- 배출구가 막히는 것은 시스템이 이를 처리하기 위해 설계되지 않는 한 기계 구성요소(예를 들어, 밸브나 블랭크)나 파이프라인, 필터 및 기타 배기 구성요소에 침적되는 공정 자재 또는 부산물로 인해 작동 중 발생할 수 없습니다.
- 높은 농도의 산소나 다른 산화제에 노출된 펌프 메커니즘에 PFPE(퍼플루오르 폴리테터) 오일만 사용하십시오. "비가연성"이라고 판매된 다른 오일 유형은 최대 30% v/v의 산화제 농도로만 사용하기에 적합할 수 있습니다.
- 의도적으로 밀폐 및 분리한 진공 시스템에서 의도치 않은 과압이 발생하지 않게 하고, 예를 들어 압력 조절기나 퍼지 제어 시스템의 장애가 발생하지 않게 하십시오.

- 펌핑된 제품이 격렬하게 물과 반응하는 경우, 물 대신 냉각제(예: 열 전달 유체)를 냉각 회로에 사용할 것을 권장합니다. Edwards에 문의하십시오.

## 2. 위험이 발생하는 경우

모든 시스템 수명 위상에서 위험한 상황이 발생할 수 있습니다. 위상은 다음과 같습니다.

- 설계
- 구조
- 작동 / 시운전
- 유지보수 / 해체.

각 위상마다 발생하는 문제 유형이 아래 요약되어 있습니다. 어떤 상황에서든지 시스템에 있는 장비와 공정/응용 분야를 완전히 이해할 경우에만 시스템의 위험 상황을 최소화할 수 있다는 점을 인지해야 합니다. 의심될 경우, 공급업체에게 자세한 정보를 문의하거나 자문을 구하십시오.

### 2.1 설계

시스템을 설계할 때, 응용 분야에 맞는 장비 유형을 선택해야 합니다. 다음 사항을 고려해야 합니다.

- 장비의 기술 사양
- 장비 구축시 사용된 자재
- 장비와 사용되는 작동 소비재(윤활유 및 작동유 등)
- 공정 조건 및 자재.

또한 응용 분야에 대한 일반적인 적합성 여부를 고려해야 하고 항상 지정된 작동 조건 내에서 사용해야 합니다.

설계 절차를 수립해 설계시 오류를 최소한으로 줄여야 합니다. 그러한 절차에는 독립적인 설계 계산 확인은 물론 설계 매개변수에 대한 상의를 포함해야 합니다.

위험 분석은 항상 설계 검토의 일부여야 합니다. 시스템에 장비 사용을 신중하게 고려해 수많은 잠재 위험을 제거할 수 있습니다.

### 2.2 구조

숙련되고 적합한 사람의 사용과 품질 보장 절차로 구축 중 위험 발생 가능성을 줄이십시오. 숙련된 사람은 조립 중에 필요한 올바른 구성요소를 식별할 수 있고 고장나거나 잘못 제조된 구성요소와 장비를 식별할 수 있습니다. 품질 보장 절차를 통해 열악한 작업을 식별하고 시정하며 설계 사양을 엄격히 따를 수 있도록 합니다.

직원은 독성, 부식성, 가연성, 질식성, 발화성 또는 기타 위험 물질을 펌핑, 생성하거나 해당 물질이 있을 수 있는 시스템에 새 장비를 설치할 때 특별히 주의하고 모든 안전 예방 조치를 준수해야 합니다.

전기 장비는 숙련된 / 자격을 갖춘 직원이 적절한 모든 현지 및 국가 전기 규정에 따라 설치해야 합니다.

### 2.3 작동 / 시운전

노후, 부적절한 사용이나 열악한 유지보수로 인해 발생한 장비와 구성요소 고장으로 작동 중 위험한 상황이 발생할 수 있습니다. 장비 사용(및 유지보수) 시 적절한 교육으로 이런 위험한 상황의 가능성을 줄이십시오. 필요할 경우, Edwards와 다른 공급업체에서

사용 설명서, 교육 및 판매 후 서비스 형태의 기타 양식에서 공급하는 정보를 참조하십시오.

## 2.4 유지보수 / 해체

직원이 위험 물질에 접촉하지 않게 하기 위해 특별히 주의해야 하며, 독성, 부식성, 가연성, 발화성, 질식성 또는 기타 물질을 펌핑 또는 생성한 시스템의 유지보수 중 모든 안전 주의사항을 준수해야 합니다.

계획된 유지보수 프로그램과 위험 물질에 오염될 수 있는 구성요소의 안전한 폐기를 염두에 두어야 합니다. 모든 장비의 사용 설명서에서 제공하는 유지보수 자문에 따라 모든 장비를 안전하고 안정적으로 작동해야 합니다. 일반적으로 ATEX 시스템에는 추가 요건이 있습니다.

## 3. 위험 물질의 화학원

### 3.1 화학 반응 및 폭발

일반 사용 중 화학 반응, 진공 시스템 내에서 발생할 수 있는 오용 또는 고장 상태의 모든 가능성을 신중하게 고려해야 합니다. 특히, 폭발로 이어질 수 있는 가스 및 증기 관련 반응을 신중하게 고려해야 합니다. 지금까지 사례를 보면 폭발이 시스템 설계자가 본래 고려하지 않은 그리고 그러한 장비의 고장을 고려하지 않았던 자재에 연관되어 발생했습니다.

#### 3.1.1 동종 반응

동종 반응은 2개 이상의 가스 분자 간의 가스 위상에서 발생합니다. 가스 연소 반응이 일반적으로 이러한 형태입니다. 예를 들어, 실란( $\text{SiH}_4$ ) 및 산소( $\text{O}_2$ ) 간의 반응은 항상 이종입니다. 따라서, 제조 공정 중에 이러한 반응이 있을 경우, 공정 압력과 반응 물질 농도를 주의해서 제어해 과도한 반응 속도 발생을 막아야 합니다.

#### 3.1.2 이종 반응

이종 반응은 가스 분자가 표면으로 흡착할 때만 발생하지만 저압에서 가스에 반응하지 않기에 단단한 표면이 있어야 합니다. 이러한 반응 유형은 위상 챔버 내에서 발생하는 반응 효과를 최소화하고, 입자 생성을 줄이며, 오염 가능성을 줄이기 때문에 특정 공정에 이상적입니다.

대부분의 이종 반응은 보통 대기압보다 낮은 고압에서 동종이 됩니다. 이는 공정 챔버의 가스가 진공 펌프로 인해 압축되었을 때 반응하는 방식과 관련되는 방법을 의미합니다.

## 3.2 비정상 반응 문제

비정상 반응은 화학 물질이 시스템 설계자가 예측하지 못한 가스 또는 자재와 접촉할 때 발생할 수 있습니다. 예를 들어, 시스템으로 대기 가스가 누출되거나, 독성, 가연성, 폭발성 또는 기타 위험 가스가 대기로 누출되었을 때 발생할 수 있습니다.

이러한 반응이 발생하지 않게 막기 위해 시스템에  $1 \times 10^{-3} \text{ mbar l s}^{-1}$  ( $1 \times 10^{-1} \text{ Pa l s}^{-1}$ ) 이하의 누출 방지를 유지해야 합니다. 고압 진공 응용 분야에서는 일반적으로  $1 \times 10^{-5} \text{ mbar l s}^{-1}$  ( $1 \times 10^{-3} \text{ Pa l s}^{-1}$ ) 이하의 누출 방지를 유지할 수 있습니다. 또한 시스템에 있는 모든 밸브는 시트 전반에 걸쳐 누출 방지시켜야 합니다.

일반적으로 공정 주기 중 서로 접촉하지 않는 가스들은 펌핑 시스템과 배기 파이프라인에서 혼합될 수 있습니다.

수증기나 세척제가 정기적인 유지보수 절차 이후 공정 챔버에 있을 수 있습니다. 이는 공정 챔버를 세척 및 깨끗이 한 후 발생할 수도 있습니다. 수증기는 또한 배기관이나 배기 스크러버에서 시스템에 들어갈 수도 있습니다.

솔벤트를 사용해 진공 시스템에서 공정 침전물을 세척하는 경우, 선택한 솔벤트가 진공 시스템의 모든 공정 자재와 호환되어야 하는 것이 중요합니다.

## 3.3 폭발 위험

폭발 위험원에는 일반적으로 다음 카테고리가 있습니다.

- 산화제
- 가연성/폭발 물질
- 발화성 물질
- 아지드화 나트륨.

유럽연합(및 기타) 국가에서 공정 자재 공급업체가 법률에 따라 판매하는 자재의 물리적 및 화학적 데이터를 게시해야 합니다(보통 자재 안전 데이터시트의 형태). 자재 데이터에는 해당할 경우 폭발 상한 및 하한에 대한 정보, 자재의 물리적 및 열역학적 속성 그리고 자재 사용과 관련된 건강 위험 상황이 있습니다. 이 지침 정보를 참조하십시오.

### 3.3.1 산화제

산소(O<sub>2</sub>), 오존(O<sub>3</sub>), 불소(F<sub>2</sub>), 삼플루오린화질소(NF<sub>3</sub>) 및 육플루오르화텨스텐(WF<sub>6</sub>)이 종종 진공 시스템에서 펌핑됩니다. 산화제는 광범위한 물질 및 자재와 반응하고 종종 열을 생성하며 가스 압력을 증가시킵니다. 잠재적 합성 위험 상황에는 펌프 및/또는 배기 시스템의 화염과 과압이 있습니다.

이러한 가스를 안전하게 펌핑하려면, 다음 권장 사항과 함께 가스 공급업체의 안전 지침을 따라야 합니다.

- PFPE(퍼플루오르폴리에터) 윤활제를 불활성 가스에서 25% 이상 농도의 산소를 펌핑하는 데 사용되는 펌프에 사용하십시오.
- 산화제 비율이 25% 미만이지만 고장난 상태에서 25% 이상으로 상승할 수도 있는 가스를 펌핑하는 데 사용하는 펌프에 PFPE 윤활제를 사용하고, 산소가 아닌 다른 산화제를 펌핑할 경우 산화제의 권장 수준은 윤활유 공급업체에 문의하십시오.
- PFPE 윤활유는 기본 윤활유이지만, 적절한 불활성 가스 퍼지를 사용해 오일이 불안정한 산화제 수준에 노출되지 않도록 보장하기 위해 사용할 경우 탄화수소 유형의 윤활유를 사용할 수 있습니다.

일반적인 상황에서 PFPE 윤활유는 오일 밀봉형 로터리 베인이나 피스톤 펌프 오일 박스 또는 기어 박스를 산화시키거나 녹슬게 하고 폭발 가능성을 줄입니다.

PFPE 윤활유의 열 분해는 공기와 철이 있는 상태에서 290 °C 이상일 때 발생할 수 있습니다. 그러나, 열 분해 온도는 티타늄, 마그네슘, 알루미늄 또는 합금이 있을 때 260 °C로 낮추어야 합니다.

PFPE 윤활유를 오일 밀봉형 로터리 베인이나 피스톤 진공 펌프에 사용하고 싶지 않을 경우, 건식 질소 등 불활성 가스를 활용해 산화제를 안전 농도로 희석할 수 있습니다. 이러한 접근법은 낮은 유속의 산화 가스에만 실행 가능합니다. 시스템에 안전 기능을 설치해 산화 농도를 안전 수준으로 낮추는 데 필요한 불활성 희석 가스의 최소 흐름을 항상 제공하도록 해야 하며, 산화 흐름이 최대 허용 유속을 초과하지 않도록 해야 합니다. 이러한 조건을 충족하지 않을 경우 산화제 흐름이 즉시 중단되도록 시스템을 설계해야 합니다.

산화제를 펌핑할 때 Edwards 건식 펌프 사용을 권장합니다(*Edwards 건식 펌프* / 페이지 26참조). 건식 펌프는 배기량에 밀봉 유체가 없으며 건식 펌프를 사용해 산화제를 처리할 경우 폭발 발생 가능성을 대폭 줄입니다. Edwards는 탄화수소 윤활유를 사용하는 경우 베어링 및 기어박스에 대해 불활성 가스로 퍼지할 것을 권장합니다.

### 3.3.2 가연성/폭발 물질

수소(H<sub>2</sub>), 아세틸렌(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>), 프로판(C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) 등의 많은 가스와 먼지 그리고 극미분 실리콘 먼지는 점화원이 제공될 경우 산화제의 특정 농도에서 가연성 및/또는 폭발성을 지닙니다. 예를 들어, 점화원은 국부 열 축적으로 상승할 수 있습니다. 이는 *점화원* / 페이지 23에서 논의됩니다.

잠재적인 가연성 혼합물 농도를 가연성 공간 외부로 유지해 폭발 위험을 방지할 수 있습니다. 보다 상세한 사항은 [가연성 공간 방지](#) / 페이지 19에 설명되어 있습니다.

폭발 가능성을 줄이기 위해 사용할 수 있는 다른 방법은 점화원을 제거하는 것입니다. 보다 상세한 사항은 [점화원](#) / 페이지 23에 설명되어 있습니다.

가연성 공간을 피할 수 없을 경우, 과열하거나 열을 외부 대기로 발산하지 않고 폭발을 방지하거나 일으킬 수 있는 장비를 설계해야 합니다. 화염 방지기 사용은 화염 방지기 보호 시스템의 사용화염 방지기 보호 시스템 사용 [화염 방지기 보호 시스템 사용](#) / 페이지 22에서 논의됩니다. 진공 시스템의 외부 대기가 위험할 경우, 모든 장비는 적절한 등급을 갖추어야 합니다.

유럽연합 내에서는 ATEX 지침이 잠재적인 폭발성 대기에 사용하는 장비의 설계를 명확하게 안내합니다.

모든 조건에서 잠재적 폭발성 대기를 펌핑하는 것을 방지할 수 있을 경우, 모든 Edwards 진공 펌프 유형을 사용해 가연성 증기나 가스를 펌핑할 수 있습니다.

### 3.3.3 발화성 물질

대부분의 조건에서 실란( $\text{SiH}_4$ ) 및 포스피린( $\text{PH}_3$ )이나 발화성 먼지가 동시에 대기압에서 공기와 반응하며, 연소를 지원하기에 충분한 압력에서 연소가 공기 또는 다른 산화제와 접촉할 때 발생할 수 있습니다. 이는 공기가 시스템으로 누출하거나 시스템 배출이 대기과 접촉할 경우 발생할 수 있습니다. 산화제와 발화성 가스의 반응으로 인한 열은 폭발성 자재의 점화원 역할을 할 수 있습니다.

여러 공정의 배기 가스가 공통 추출 시스템을 통해 배기될 경우, 연소 및/또는 폭발이 일어날 수 있습니다. 따라서, 발화성 자재를 사용할 때 개별 추출 시스템을 사용할 것을 권장합니다.

인을 사용하는 공정은 고체 인이 진공 시스템이나 배기구에 응축되게 합니다. 공기가 있고 약간 기계적 교반이 있는 경우(예를 들어, 압력 차이로 인한 밸브나 펌프 회전 활성화) 인은 자발적으로 연소되어 독성 가스를 방출할 수 있습니다. 펌프를 불활성 가스 펌프로 작동하고 충분히 가열 실행시켜 인의 응축을 최소화할 것을 권장합니다.

PFPE 윤활유는 발화성 자재인 경우 윤활유를 공기에 노출할 때 국부 연소로 이끌 수 있는 공정 가스를 흡수할 수 있습니다. 이러한 위험은 특히 서비스 중 또는 산화제가 발화성 가스나 먼지 이후 시스템 전반적으로 펌핑될 경우 명백해질 수 있습니다. 배기량에서 윤활유를 제외하는 Edwards 건식 펌프를 사용할 경우 이러한 위험 발생 가능성을 줄일 수 있습니다. 환기 또는 처리되기 전 모든 발화성 자재를 피동시켜야 합니다.

### 3.3.4 아지드화 나트륨

아지드화 나트륨은 종종 냉동 건조용 제품 준비와 다른 제공 공정에서 사용됩니다. 아지드화 나트륨은 질화수소산을 생산할 수 있습니다. 질화수소산 증기는 중금속과 반응해 불안정한 금속 아지드를 형성할 수 있습니다. 이러한 아지드는 자발적으로 폭발할 수 있습니다.

중금속은 다음과 같습니다.

• 바륨	• 카드뮴	• 세슘
• 갈륨	• 구리	• 납
• 리튬	• 망간	• 칼륨
• 루비듐	• 은	• 나트륨
• 스트론튬	• 주석	• 아연
• 구리 및 아연 합금(황동 등)		

황동, 구리, 카드뮴, 주석 및 아연은 진공 펌프, 액세서리 및 파이프에 있는 수많은 구성 요소에서 보통 사용됩니다. 공정 시스템에서 아지드화 나트륨을 사용하거나 생산할 경우, 공정 시스템의 가스 경로에 중금속이 없어야 합니다.

### 3.4 독성 또는 부식성 자재

수많은 진공 분야가 독성 및 부식성 자재의 공정 및 취급에 관여하고 특정 절차를 요구합니다.

#### 3.4.1 독성 자재

자연 생성된 독성 자재는 건강에 해롭습니다. 그러나, 위험의 속성은 자재 및 관련 농도에 따라 다릅니다. 자재 및 해당 법규 공급업체가 제공하는 올바른 취급 절차를 준수해야 합니다.

다음 사항 또한 고려해야 합니다.

- **가스 회석** - 진공 펌프를 통과하거나 배출구로 가면서 독성 공정 가스의 회석을 허용하기 위한 설비입니다. 이 회석을 사용해 독성 한계보다 낮은 농도로 줄일 수 있습니다. 공급장치가 고장날 경우 회석 가스 공급을 모니터링할 것을 권장합니다. 특히 오일 밀봉형 펌프의 경우, 필수 오일 회수 키트는 펌프 사용 설명서를 참조하십시오.
- **누출 감지** - Edwards 진공 시스템은 일반적으로 누설방지 수준을  $< 1 \times 10^{-3}$  mbar l s<sup>-1</sup> ( $< 1 \times 10^{-1}$  Pa l s<sup>-1</sup>)로 설계했습니다. 그러나, 인근 시스템의 누출 방지 또한 보장할 수 없습니다. 적절한 누출 방지 방법(예를 들어, 헬륨 질량 분석 누출 감지)을 사용해 진공과 배출 시스템의 무결성을 확인해야 합니다.
- **샤프트 씰링(Edwards 건식 펌프)** - 수많은 건식 진공 펌프는 가스 퍼지 시스템을 사용해 공정 가스가 기어박스 및 베어링에 들어가지 못하게 하고 잠재적으로 진공 시스템 주변 대기에도 들어가지 못합니다. 독성 자재를 처리할 때 이러한 가스 공급의 무결성을 보장해야 합니다. [압력 조절기](#) / 페이지 27에서 논의된 바와 같이 비환기 조절기는 비회수 확인 밸브와 조합하여 사용해야 합니다.
- **샤프트 씰링(Edwards 기타 펌프)** - 오일이 넘치는 샤프트 밀봉 설계(예를 들어, EH 기계 부스터 펌프 및 EM 로터리 베인 펌프)는 공정 가스 노출 위험을 최소화하며(또는 공기 중 내부 누출), 위험 발생 전 경고 문구를 제공합니다(오일 누출 또는 오일 수출 저하). 다른 씰 설계는 적절한 고장 경고를 제공할 수 없습니다.
- **자성 드라이브** - 총 밀폐 씰링이 필요한 경우, Edwards EDP 건식 진공 펌프는 모터 입력 샤프트상에서 샤프트 씰링의 필요성을 없애는 세라믹 격납 용기를 채택하는 자성 드라이브가 장착되어 공급될 수 있습니다.

가압 밸브나 버스팅 디스크를 사용해 초과 압력을 없앨 경우, 적절한 배출 시스템으로 안전하게 환기시켜 독성 위험을 방지해야 합니다.

오염 진공 장비를 서비스나 유지보수를 위해 Edwards로 회수시킬 경우, 특정 절차(Form HS1)을 따르고 장비와 함께 공급된 사용 설명서의 선언서(Form HS2)를 작성해야 합니다.

#### 3.4.2 부식성 자재

Edwards 진공 펌프로 부식성 자재를 펌핑할 경우, 다음 사항을 참고해야 합니다.

- **수분 유입** - 부식성 효과를 가속화할 수 있는 습한 공기의 유입을 막기 위해 특별히 주의해야 합니다. 불활성 퍼지를 중단 절차의 일부로 사용해 중단 전 시스템에서 부식성 물질을 세척해야 합니다.

- **희석** - 적합한 불활성 희석 가스를 사용해 부식성 물질의 응축을 막고 그로 인한 부식을 완화하십시오.
- **온도** - 펌프와 배기 라인 온도를 증가시켜 부식을 제한할 수 있는 수증기 응축을 막으십시오. 온도가 높을수록 부식 속도가 증가하는 경우가 있습니다. 아래 단락을 참조하십시오.
- **안전 장비 부식** - 안전 핵심 장비(화면 방지기 구성요소, 온도 센서 등)가 공정 가스 흐름의 부식성 산물에 의해 손상될 수 있었던 경우, 구축 자재를 선택해 이 위험한 상황을 제거해야 합니다.
- **위상 변화** - 예상치 못한 위상 변화로 응축이 일어날 수 있습니다. 온도와 압력의 변화를 고려해 이러한 위험을 방지해야 합니다.
- **예상하지 못한 반응** - 예상하지 못한 화학 반응으로 인해 부식성 산물이 생길 수 있습니다. 장비가 한 개 이상의 용도로 사용될 경우 교차 오염 가능성을 신중하게 고려해야 합니다.

플루오르, 염소, 기타 할로겐 또는 할로겐화물 등의 일부 부식성 물질과 오존 등의 산화제 또는 황화수소 등의 환원제는 어떠한 액체도 없이 접촉 중인 자재를 공격할 수 있습니다. 이러한 경우 부식성 자재의 일부 압력을 적절한 희석 가스 사용 내내 최소화해야 합니다. 진공 시스템과 펌프 모델의 구축 자재는 예상 농도의 특정 가스와 호환 가능하도록 선택해야 합니다. 고온이 부식을 가속화할 수 있으므로 다른 공정 고려사항이 허용되는 경우를 최소화해야 합니다. 시스템의 부식성 자재 효과를 고려하기 위해 유지보수 간격을 검토해야 합니다.

### 3.5 요약 - 위험 물질의 화학원

- 시스템 내에서 가능한 모든 화학 반응을 고려하십시오.
- 고장난 상태에서도 발생할 수 있는 반응 등 비정상적인 화학 반응을 허용하십시오.
- 공정 자재와 관련된 잠재적 위험 상황을 평가할 때 자재 안전 데이터시트를 참조하십시오.
- 희석 기술을 사용해 산화제 및 가연성 자재와의 반응을 최소화하십시오.
- 가연 공간이 지정된 유럽에서는 적절한 인증 ATEX 진공 펌프를 사용해야 합니다. 다른 지역의 경우, Edwards는 가능한 경우 ATEX 지침에서 인증된 펌프 사용을 권장합니다.
- 산화제를 펌핑할 때 펌프에 올바른 윤활유를 사용하고, 건식 펌프 사용을 고려하십시오.
- 공정이 아지드화 나트륨을 사용하거나 생성할 경우 공정 시스템의 가스 경로에 중금속을 사용하지 마십시오.
- 독성, 부식성 또는 불안정한 자재를 취급할 때 특별히 조심하십시오.

## 4. 위험 물질의 물리적 원인

### 4.1 과압 위험 유형

진공 시스템의 구성요소 과압은 다음 상황으로 이어질 수 있습니다.

- 고압 가스의 시스템 유입
- 시스템의 가스 압축
- 시스템 내 휘발성 가스의 갑작스런 온도 증가
- 고체 제품의 침적으로 이어지는 위상 변화
- 진공 시스템 내 반응
- 배출 차단.

다른 원인이 있을 수 있습니다.

### 4.2 과압 펌프 배기

과압 배기의 일반적인 원인은 배기 시스템의 막힘이나 제한입니다. 이를 통해 펌프나 시스템의 다른 구성요소가 고장날 수 있습니다.

진공 펌프는 높은 출입구 대비 흡입구 압축 비율로 작동되도록 특별 설계된 압축기입니다.

펌프 작동으로 인한 잠재적 과압과 더불어, 압축 가스의 도입으로(피지 또는 희석 가스) 또한 배기 시스템이 제한 또는 차단될 경우 시스템을 과도하게 압축할 수 있습니다.

펌프가 화염 방지기와 배기 측면의 필터 또는 응축기 같은 기타 장비와 피팅될 경우, 배압은 진공 시스템 사용 설명서에 명시된 최대 한계를 초과하지 않는 것이 필수입니다. 적절한 유지보수 프로그램을 채택해 공정 침전물이 배기 시스템과 화염 방지기를 차단하지 않게 해야 합니다. 실용적이지 않을 경우, 펌프와 화염 방지기 사이에 있는 압력 센터는 차단된 곳을 감지하는 데 사용해야 합니다. 필터와 응축기 등 다른 배기 장비도 유사한 점을 염두에 두어야 합니다.

순화 또는 위상 변화는 공정 파이프의 고체 침전물로 인한 막힘이나 과압 위험으로 이어질 수 있습니다.

진공 펌프 등 모든 배기 구성요소의 최대 및 권장 연속 배압용 진공 펌핑 시스템과 공급된 사용 설명서를 참조하십시오. 이러한 제한 사항을 충족하도록 배기 시스템을 설계하십시오.

연속 작동시 제한 사항은 펌프 지침 설명서를 참조하십시오.

### 4.3 배기 과압으로부터 보호

일반적으로 자유롭게 환기되는 배기 시스템에 연결된 배기 파이프로 작동할 것을 권장합니다. 그러나, 배기 시스템이 시스템 제한이나 차단을 일으킬 수도 있는 구성요소와 통합될 수도 있습니다. 그럴 경우, 과압으로부터 보호할 적절한 방법 또한 포함시켜야 합니다. 여기 방법의 예시가 있습니다.

구성 요소	보호 방법
배기 파이프라인의 밸브	밸브를 맞물리게 해 펌프 작동중 항상 열리게 하십시오.
	감압 측관을 통합합니다.
배기 스크러버	감압 측관을 통합합니다.

구성 요소	보호 방법
	압력 모니터를 포함하고 이를 펌프와 맞물려 배기 압력이 너무 높을 경우 중단되게 하십시오.
화염 방지기	배기 압력 측정.
	차별화된 압력 측정.
윤활유 입자 필터	감압 장치를 통합합니다.

요약하자면, 배출 시스템의 압력이 최대 허용 가능 압력에 도달할 경우:

- 장치로 제한 또는 막힘이 있는 가스 경로의 압력을 줄이십시오.
- 압력원을 줄이십시오. 펌프를 중지하거나 압축 가스 공급 장치를 중단합니다.

## 4.4 흡입구 과압

### 4.4.1 압축 가스 공급장치 및 배압

이 파이프라인이 대기압보다 높은 압력의 영향을 받지 않는다는 믿음 때문에 펌프와 진공 시스템을 연결하는 파이프라인의 필수 압력 정격을 과소평가하는게 보통입니다. 실제로는 일반적인 설계 작동 조건에서만 해당하는 이야기입니다. 필수 압력 정격을 평가해 비정상적이거나 고장난 상태에서 발생하는 높은 압력을 감안해야 합니다.

펌프 흡입구 파이프라인에서 발생하는 과압의 일반적인 원인은 펌프가 작동하지 않을 때 압축 가스(퍼지 가스 등)가 유입되기 때문입니다. 흡입구 파이프라인의 구성요소가 이로 인한 압력에 적합하지 않을 경우, 파이프라인이 과열되고 공정 가스가 시스템에서 누출됩니다. 시스템에서 압력을 견딜 수 없는 공정 챔버로 가스가 역류하면 과열과 누출을 일으킵니다.

저압 흐름을 제공하도록 설계되거나 압력 조절기로 압축 가스 공급장치를 시스템에 연결할 때, 압력을 시스템 정격에 맞게 하십시오.

일반적으로 사용되는 비환기 압축 조절기는 시스템의 공정 가스 흐름이 없는 조건에서 작동할 경우 시스템 내 압력을 일으켜 조절기에 대한 가스 공급 압력을 증가시킵니다. 따라서 다음 두 방법 중 하나를 사용해 과압을 막아야 합니다.

- 압력을 줄이고 가스가 펌프를 우회해 자유롭게 환기되는 배기구로 가게 하십시오.
- 시스템 압력을 모니터링하고 폐쇄압 밸브를 사용해 사전 설정 압력 수준으로 압축 가스 공급을 중단하십시오.

### 4.4.2 잘못된 펌프 작동

펌프가 올바르게 작동한다고 확인될 때까지 특별 예방 조치를 따르십시오.

펌프 회전 방향이 잘못되었으면 펌프 흡입구가 막히거나 제한된 채로 작동할 경우, 펌프는 흡입구 파이프라인에 고압을 생성합니다. 이는 펌프, 파이프라인 및/또는 파이프라인의 구성요소 과열로 이어질 수 있습니다.

펌프의 회전 방향이 올바르다는 점이 확인될 때까지 나사로 펌프 흡입구에 느슨하게 고정된 블랭킹 플레이트를 항상 사용하십시오.

높은 회전 속도로 작동하면 펌프가 부서질 수 있습니다. 최대 설계 회전 속도보다 높은 회전 속도로 펌프를 작동하지 마십시오. 이는 특히 주파수 인버터를 속도 제어에 사용할 때 중요합니다.

## 4.5 요약 - 위험 물질의 물리적 원인

- 안전 계산을 수행할 때, 시스템의 모든 구성요소에 대한 안전 작동 압력을 염두에 두어야 합니다.
- 펌프 배기가 차단되거나 막히지 않게 하십시오.
- 어떤 진공 시스템이든지 압력 정격이 초과하는 고압 위험이 발생할 경우, 적절히 배치된 압력 측정 장비를 시스템에 포함할 것을 권장합니다. 과압 상태를 감지할 경우 제어 시스템에 연결해 시스템을 안전한 상태로 두어야 합니다.
- 진공 시스템과 펌프 구성요소의 필수 압력 정격을 평가할 경우 비정상적이고 고장난 상태를 고려하십시오.
- 올바른 감압 장치 유형을 포함시키고 응용 분야에 적절하게 등급을 매기십시오.
- 압축 가스 공급 장치를 적절히 규제하고 모니터링하십시오. 펌프의 전원이 꺼졌다면 공급장치의 전원을 끄십시오.
- 가능한 경우, 규제 펴지에 대한 공급 압력은 시스템의 최대 허용 가능 정적 압력보다 낮아야 합니다. 또한, 감압은 구성요소 장애 시 가능해야 합니다.

## 5. 위험 분석

위험 분석 기술은 이용 사용 중인 시스템의 위험과 고장나거나 장애가 있는 상태에서 발생할 수 있는 위험의 식별 및 분석에 대한 구조화된 접근법을 제공합니다. 그러한 기술은 위험 관리에 대한 경로를 제공하며, 이러한 기술 사용이 규정/법적 요건일 수 있는 경우가 많습니다. 완전히 유효화하려면 위험 분석을 시스템 초기 설계시 시작해야 하며, 시스템의 설치 및 작동은 물론 유지보수와 해체 내내 지속되어야 합니다.

위험 분석 기술의 세부 연구는 본 글에 포함되어 있지 않습니다. 이외 위험 분석 기술이 설명된 글이 많습니다. 화학 물질 처리 산업에서 일반적으로 사용하는 기술로는 HAZOP(Hazard and Operability Study)가 있습니다. 잠재적 위험 및 작동 문제의 식별과 관련된 위험 분석의 절차입니다.

일반적으로 위험 분석은 위험 유형, 위험 심각도 및 위험 발생 가능성에 대한 정보를 생성합니다. 이러한 정보는 수용 가능 수준으로 위험 물질의 효과를 낮추는 가장 좋은 방법을 결정하는 데 사용할 수 있습니다. 위험 물질의 원인에 따라, 위험 물질을 제거하고, 위험 심각도 및/또는 발생할 수 있는 위험 가능성을 줄이십시오. 그러나 위험 물질이 완전히 제거될 가능성은 희박합니다.

최선의 위험 물질 관리법을 결정할 때 위험 물질의 모든 가능 효과를 고려해야 합니다. 예를 들어, 작은 가열 표면은 화상을 일으킬 수 있으므로 작동자에게 경미한 위험을 일으킬 수 있습니다. 화상 발생 가능성을 줄이기 위해, 시스템 설계자는 뜨거운 표면에 대한 경고를 눈에 보이게 제공하거나 뜨거운 표면에 가까이 갈 수 없게 할 수 있습니다. 그러나, 시스템의 위험 분석은 또한 동일한 뜨거운 표면이 가연성 증기의 점화원을 제공할 수 있음을 나타내며, 이는 폭발 또는 독성 증기 구름 방출로 이어질 수 있습니다. 점화 가능성을 줄이기 위해 시스템 설계자는 뜨거운 표면의 온도를 낮추거나 가연성 증기가 뜨거운 표면에 닿지 않게 해야 합니다.

## 6. 시스템 설계

### 6.1 시스템의 압력 정격

위험물질의 물리적 원인 위험물질의 물리적 원인 *위험물질의 물리적 원인* / 페이지 14에서 논의된 바와 같이, 진공 시스템 파이프라인과 구성요소는 대기압보다 낮은 내부 압력으로 작동하도록 설계되었습니다. 그러나, 실제로는 보통 대기압보다 높은 내부 압력으로 사용하는 시스템 역시 설계하는 데 필요합니다. 필요할 경우, 감압 장치를 포함시켜 과압을 방지해야 합니다.

항상 진공 상태에서 작동된다는 가정 하에, 고장난 상태에서도 흡입구 파이프와 기타 흡입구 구성요소가 시스템의 약점이 되지 않게 하는 것이 중요합니다.

배기 시스템은 항상 최소 배압을 작동 중 펌프로 제공하도록 설계해야 합니다. 그러나, 적절한 압력 정격으로 배출 시스템을 설계하는 것이 중요합니다. 펌프로 생성될 수 있는 압력으로 압축 가스 시스템 유입 등에 사용하는 데 적합해야 하며, 사용한 과압 보호 방법을 활용해 사용하는 데 적합합니다.

위험 분석을 수행할 경우, 다음 사항을 항상 고려해야 합니다.

- 불활성 가스 연결부 등 외부 흡입구
- 특히 배기 라인을 비롯한 모든 원인의 분리 및 압축
- 공정 가스 간의 반응

관에 휘발성 액체가 있고 시스템 나머지 부분과 분리될 수 있으며, 외부 열의 적용(예: 불)으로 관의 설계 압력보다 내부 압력이 더 높을 수 있음을 참고해야 합니다. 이 경우 적합한 감압 필요성을 고려해야 합니다.

### 6.2 정체 부피 제거

정체 부피는 가스 흐름 동안 대상이 되지 않는 진공 파이프나 구성요소 내의 모든 부피를 의미합니다. 기계 부스터 펌프의 기어 박스나 기기의 게이지 헤드가 그 예입니다. 밸브 파이프와 질소 가스 흡입 파이프 또한 분리될 경우 정체 부피가 될 수 있습니다

정체 부피는 일반적으로 공정 챔버에 함께 있지 않은 공정 가스의 혼합과 반응을 고려할 때 염두에 두어야 합니다. 파이프, 펌프, 공정 챔버는 일반적으로 가스 또는 가스 혼합물을 연속해서 선형으로 전달합니다. 그러한 선형 흐름으로 전달된 가스는 배출 가스의 속도가 제한이나 차단으로 인해 줄어들지 않을 경우 일반적으로 혼합되지 않습니다. 정체 부피는 퍼지지 않으며, 시스템 압력이 상승하고 하락하면서 공정 가스로 채워질 수 있습니다. 이러한 방법으로, 공정의 한 단계에서 시스템을 통과하는 가스가 잔존할 수 있습니다. 이는 공정의 다음 위상에서 가스와 반응할 수 있습니다. 비호환 가스 간의 도입 중간에 챔버를 완전하게 배출하여 폭발 위험으로부터 보호합니다.

정체 부피에서 교차 오염을 고려할 때 그리고 가스가 잠재적으로 폭발성이 있을 때 특별히 주의해야 합니다. 특히, 필터와 분리기 그리고 기타 구성요소에서 구축된 위험을 고려해야 합니다. 해당할 경우, 높은 무결성과 불활성 퍼지 가스의 지속적인 흐름을 사용해 교차 오염의 가능성을 줄이십시오.

가연성 물질을 펌핑할 때, 정체 부피가 일반 퍼징으로 제거할 수 없는 폭발성 가스나 증기로 채워질 수 있습니다. 점화원 또한 있을 때, 정체 부피의 특정 퍼지를 고려해야 합니다.

## 6.3 배기 추출 시스템

공정에 맞는 배기 추출 시스템 유형을 사용하는 것이 중요합니다. 이전에 명시한 대로, 추출 시스템은 작동 압력을 견디도록 설계해야 하며, 위험 물질을 생성하거나 처리할 때 반드시 충분히 누출 방지 처리시켜 공정 자재물과 부산물을 포함하여 대기 중으로 위험 물질을 방출하지 않게 해야 합니다.

## 6.4 잠재적인 폭발성 가스 또는 증기 혼합물의 원인

가연성 가스나 증기가 올바른 농도의 산소나 다른 적합한 산화제와 혼합되었을 때, 이는 점화원이 있는 곳에서 점화할 수 있는 잠재적인 폭발성 혼합물을 형성하게 됩니다.

펌핑된 자재가 잠재적으로 폭발성이라는 점이 명백하지만, Edwards의 경험상 공정용 시스템 설계시 고려되지 않았던 상태로 인해 잠재적 혼합물이 생성되는 경우도 일부 있습니다. 장비로 인해 생성될 수 있는 잠재적 폭발성 혼합물의 모든 공정 상태 및 원인을 식별해야 합니다. Edwards의 일부 사례가 아래 열거되어 있지만, 모든 사항을 완전히 포함시키지 않았습니다.

- **교차오염** - 진공 펌프를 수많은 작업에 사용할 경우 개별 자재와 사용하는 것이 안전하지만, 펌프를 다른 자재와 사용하기 전 퍼지않을 경우 교차 오염이 예상치 못한 반응과 함께 발생할 수도 있습니다.
- **세척액유체** - 응용 분야에서 경미한 것으로 볼 수도 있지만, 진공 펌프 전체에 가연성 세척액 사용과 배출로 인한 연속적인 건조로 잠재적으로 폭발성 혼합물을 생성할 수 있습니다.
- **예상하지 못한자재** - 진공 펌프가 분산 진공 시스템을 제공하는 '내부 진공' 사용시, 시스템 설계 중 고려하지 않은 가연성 자재를 펌핑할 수 있습니다. 이러한 자재는 진공 펌프의 내부 온도나 온도 정격보다 자동 점화 온도를 낮출 수 있습니다.
- **용해증기** - 이는 공정 운영 중 발달할 수 있으며, 공정에 맞는 내부 온도 정격을 주의해서 선택해야 합니다. 이는 일반적으로 화학 물질 공정 시장에서 ATEX 요건에 의해 적용됩니다.
- **공기누출** - 시스템으로 의도치 않게 공기나 산화제가 유입되면 가연성 가스나 증기의 농도가 변경되고 잠재적인 폭발성 혼합물이 생성될 수 있습니다.
- **가연성씰링액액체** - 가연성 씰링액이 액체 링 진공 펌프의 씰링액으로 사용되는 경우, 공기 유입은 잠재적인 폭발성 내부 혼합물을 생성하게 됩니다.
- **응축 공정 자재** - 시스템 내부에 가연성 자재 응축이 발생할 가능성이 있을 경우, 이로 인해 다른 공정 단계의 산화제나 공기와 함께 반응할 수 있음을 인지해야 합니다(예를 들어, 배기). 이는 적절한 온도 또는 일부 압력 제어로 방지할 수 있습니다.

## 6.5 가연성 공간 방지

가연성 자재는 공기나 산소 또는 기타 산화제와 연소되었을 때 그리고 농도가 인화성 하한, LFL(또는 폭발성 하한, LEL) 그리고 인화성 상한, UFL(또는 폭발성 상한, UEL) 사이에 있을 때만 잠재적인 폭발성 대기를 생성합니다. 문건에서 발견되는 대부분의 데이터에 따르면 산소가 산화제인 경우 산소의 가연성 제한 사항을 참조합니다. 아래에 제시된 모드추가 정보는 이러한 가정을 바탕으로 합니다.

잠재적으로 폭발성이 있기 위해 산소 농도가 최소 산소 농도, MOC(또는 제한 산소 농도, LOC)보다 높아야 합니다. 주요 가연성 가스의 MOC(LOC)는 5% 볼륨 이상입니다. (참고: 이는 특별 예방 조치를 필요로 하지 않는 발화성 자재에 적용하지 않습니다.)

가연성 공간에서 가스 혼합물로 작동하는 것을 방지하는 데 사용할 수 있는 수많은 전략이 있습니다. 전략 선택은 공정 및 펌프 시스템의 위험 평가(위험 분석) 결과에 따라 달라집니다.

- **가연성 가스 농도를 LFL(LEL)보다 낮게 유지**

가연성 공간에 의도치 않게 유입되는 가연성 가스 위험을 최소화하기 위해 LFL(LEL) 미만 안전역을 사용해야 합니다.

안전역은 위험 평가에 따라 사용자가 결정해야 합니다. 일부 기관에서는 농도를 LFL(LEL)의 25% 미만으로 유지할 것을 제안합니다.

LFL(LEL) 이하의 적절한 농도를 유지하는 데 일반적으로 사용하는 방법은 불활성 가스 퍼지(예: 질소)로 희석되며, 펌프 흡입구 및/또는 퍼지 연결부로 유입됩니다. 희석 시스템 및 알람 또는 인터록의 필수 무결성은 희석 시스템이 고장날 수도 있는 위험 공간에 따라 달라집니다.

- ▣ **참고:**

*질식 위험 방지를 위해 적절한 예방조치를 취하십시오.*

- **산소 농도를 MOC(LOC) 미만으로 유지**

이러한 작동 모르는 펌핑된 가스의 산소 농도 모니터링 사용으로 안전한 작동을 보장합니다. 가연성 공간에 의도치 않게 유입되는 가연성 가스 위험을 최소화하기 위해 LFL(LEL) 미만 안전역을 사용해야 합니다. 이용 가능 업계 표준은 산소 농도를 지속적으로 모니터링할 수 있는 위치를 나타내며, 이는 가스 혼합에 대한 적어도 최저 계시 MOC(LOC) 미만의 2볼륨 퍼센티지 포인트를 유지해야 합니다. MOC(LOC)가 5% 미만이 아닐 경우, 산소 농도는 적어도 MOC(LOC)의 60%를 유지해야 합니다. 정기적인 산소 수준 확인의 형태로만 모니터링이 이루어질 경우, 산소 수준은 MOC(LOC)가 5% 미만이 아닌 경우 최저 계시 MOC(LOC)의 60%를 초과해서는 안 됩니다. 이 경우 산소 농도는 MOC(LOC)의 40% 미만을 유지해야 합니다.

최저 계시 MOC(LOC) 미만으로 산소 수치를 유지하는 기본 방법은 공정 및 펌프 시스템에서 공기와 산소를 완전히 배제시키고, 불활성 퍼지 가스(질소 등)를 활용하는 펌핑된 가스의 희석과 함께 필요할 경우 펌프 흡입구 및/또는 퍼지 연결부로 펌프를 삽입합니다. 공기/산소 배제 측정 및 알람과 인터록의 필수 무결성은 배제와 희석 시스템 고장으로 이어질 수 있는 위험 공간에 따라 달라집니다.

공정과 펌프 시스템에서 공기를 완전히 빼내는 데 일반적으로 필요한 예방 조치는 본 섹션 마지막에 나와 있습니다.

- **UFL(UEL)보다 높은 가연성 가스 농도 유지**

가연성 가스 농도가 높은 경우, UFL(UEL)보다 높은 작동이 더 적절할 수 있습니다. 가연성 공간에 의도치 않게 유입되는 위험을 최소화하기 위해 UFL(UEL) 초과 안전역 작동을 사용해야 합니다. 가스의 잔여 산소 수준이 가연성 가스 UFL(UEL) 농도에서 일반적인 절대 산소 농도의 60% 미만으로 유지되게 할 것을 권장합니다.

이 안전역 미만으로 산소 수준을 유지하는 기본 방법은 공정과 펌프 시스템에서 공기와 산소를 엄격히 배제시키는 것입니다. 펌프 흡입구 및/또는 퍼지 연결부로 연결되는 불활성 퍼지 가스(질소

등) 또는 추가 가연성 가스('패딩' 가스)를 활용하는 펌핑 가스 희석 또한 필요할 수 있습니다. 공기 배제 측정, 퍼지 가스 도입 시스템 및 알람과 인터록의 필수 무결성은 배제와 희석 시스템 고장으로 이어질 수 있는 위험 공간에 따라 달라집니다.

- **최소 폭발 압력 미만의 가연성 가스 농도 유지**

모든 가연성 자재는 폭발이 유지될 수 없는 최소 압력 미만입니다. 흡입구에서 진공 펌프에 대한 압력이 이 압력보다 낮게 유지될 수 있을 경우, 진공 펌프 내부에서 시작되는 점화 또한 흡입구로 퍼질 수 없습니다. 하지만, 진공 펌프 배기에 대한 예방 조치를 취해야 합니다.

공정과 펌프 시스템에서 공기를 완전히 빼내는 데 일반적으로 필요한 예방 조치는 다음과 같습니다.

- **공기 누출 제거**

누출 감지기를 사용하거나 압력 '증가율' 테스트를 실행하십시오. 가연성 자재를 공정 챔버에 넣기 전, 테스트를 실행해 진공 시스템 내 공기(산소) 누출이 허용 가능 한도에 있는지 평가할 수 있습니다.

압력 '증가율' 테스트를 수행하기 위해 빈 공정 챔버를 일반 작동 압력 바로 밑의 압력으로 배출시킨 다음, 진공 펌프와 분리시킵니다. 공정 챔버의 압력은 고정된 기간 동안 기록됩니다. 공정 챔버의 볼륨은 최대 허용 가능 공기 누출과 함께 알려져 있으므로, 고정된 기간 동안 발생할 수 있는 최대 허용 가능 압력 상승을 계산할 수 있습니다. 최대 압력 한계를 초과할 경우, 공정 챔버에 대한 공기(산소) 누출원을 밀봉해야 하며, 가연성 자재를 공정 챔버로 유입하기 전에 반복해야 합니다.

양호한 기본 압력을 달성하기 위한 진공 시스템의 기능을 사용해 시스템 누출 방지를 나타낼 수 있는 경우도 있습니다.

- **공정 시작 전에 시스템에서 모든 공기를 제거하십시오.**

가연성 가스가 공정에 유입되기 전에 시스템의 모든 공기를 제거할 수 있도록 시스템을 비우고/비우거나 불활성 가스(질소 등)를 정화해야 합니다. 공정 종료시, 이 절차를 반복해 시스템을 최종적으로 공기 중으로 환기시키기 전 모든 가연성 가스를 제거하십시오.

- **건식 진공 펌프의 경우**

샤프트 또는 퍼지 쉘 가스는 어떠한 상황에서도 공기와 함께 공급되거나 오염될 수 없으며, 가스 발라스트 포트가 밀봉되거나 불활성 가스를 유입시키기 위해서만 사용하도록 합니다.

- **습식 진공 펌프의 경우(예: 밀봉된 로터리 피스톤 또는 로터리 베인 펌프)**

제조업체의 지침에 따라 샤프트 쉘을 완전히 유지하고, 오일 압력 손실에 대한 알람 표시로 펌핑 및 압축화된 오일 순환 시스템을 사용하십시오. 이러한 시스템은 외부 액세서리로 구성될 수 있어 압력 스위치로 필터링 및 압축화된 순환 유를 제공할 수도 있습니다. 모든 가스 발라스트 포트를 밀봉하거나 불활성 가스 유입 시에만 사용하십시오. 불활성 가스를 오일 박스로 적절히 퍼지시켜 공정 시작 전 공기를 제거하십시오.

- **루트 진공 부스터 펌프**

제조업체 지침에 따라 주 드라이브 샤프트 쉘을 완전하게 유지하고 정화 또는 '브리더' 포트 연결이 불활성 가스를 유도하는 데에만 사용되는지 확인하십시오.

- **역류**

시스템 작동 절차와 시설에서 펌프 고장으로 이어질 수도 있는 역류로부터 시스템을 보호해야 합니다. 펌핑된 가연성 가스를 펌프 배기 시 최종 배기로 안전하게 폐기해야 합니다. 가연성 가스 혼합물은 배기 파이프라인에서 증가할 수 없으며, 가연성 가스 공정 시작 이전 그리고 종료 이후 파이프라인의 적절한 불활성 퍼지 사용 그리고 작동 중 적절한 불활성 가스 사용으로 배출 시 공기의 격렬한 역혼합을 막습니다.

## 6.6 시스템 무결성 수준

불활성 가스 희석을 사용하는 보호 방법은 초기 섹션에서 논의되었습니다. 방법의 원칙은 공정 가스와 불활성 가스(일반적으로 질소)를 혼합해 폭발이나 반응이 일어날 수 없는 수준으로 희석할 수 있게 하는 것입니다. 가스 희석을 기본 안전 시스템으로 사용해 폭발 가능성으로부터 보호할 때, 높은 무결성 알람과 인터록 시스템으로 가스 희석 시스템이 작동하지 않을 경우 시스템 작동을 막아야 할 수 있습니다. 가스 희석 시스템의 무결성은 위험 평가(위험 분석) 중 고려해야 하며, 희석 시스템이 실패할 수 있는 내부 영역 지정(즉, 위험 수준)에 따라 달라집니다. 현재 모범 사례는 항상 위험 관리에 적용되어 시스템 무결성의 필수 수준을 결정해야 합니다.

예를 들어, 희석 시스템은 가연 공간 외부의 가연성 가스 농도를 유지하기 위해 사용되고 희석 실패로 펌핑된 가스가 가연성 공간 내부에 지속적으로 또는 오랜 기간(일반적으로 ATEX Zone 0 요건은 > 50%로 간주) 있게 될 경우, 희석 시스템은 다음 중 하나를 충족해야 합니다.

- 흔히 않은 오작동 시에도 전혀 문제 없음
- 2개의 고장 상태에서도 안전해야 함
- 2개의 개별 희석 공급 시스템으로 구성되어야 함.

또한, 희석 시스템 실패로 인해 펌핑된 가스가 종종 가연성 공간 내부로 들어갈 경우(일반적으로 ATEX Zone 1 상태), 희석 시스템은 다음 중 하나를 충족해야 합니다.

- 예상치 못한 오작동 시에도 전혀 문제 없음
- 1개의 고장 상태에서도 안전해야 함.

희석 시스템 장애로 인해 펌핑된 가스가 가연성 공간으로 들어갈 가능성이 없을 경우 또는 짧은 기간 동안에만 그럴 경우(일반적으로 ATEX Zone 2 상태), 희석 시스템은 일반 작동시에도 안전해야 합니다.

## 6.7 화염 방지기 보호 시스템 사용

펌핑된 가스와 증기의 혼합물이 지속적으로 또는 오랜 기간(예: Zone 0 상태) 동안 가연성이고([가연성 공간 방지](#) / 페이지 19 참조) 점화원의 위험([점화원](#) / 페이지 23 참조)이 일반 작동 중 또는 예상 가능 오작동 중 활성화될 경우, 필요에 따라 기본 펌프에 화염 방지기를 장착해야 합니다([화염방지기](#) / 페이지 27 참조). Edwards 진공 펌프와 특정 화염 방지 사용에 대한 제3자 인증을 받았으며, 이 능력으로 공정 파이프를 따라 또는 주변 대기로 불을 퍼뜨리지 못하게 막는 기능을 입증했습니다.

가연성 혼합물이 승인 및 테스트된 온도 트랜스미터에 오랜 시간 있을 경우, 흡입구 화염 방지기에 온도 트랜스미터를 설치해 지속적으로 화염을 감지해야 합니다. 지속적으로 화염이 감지될 경우, 펌프의 전원을 끄고 연료에서 분리해야 합니다. 승인된 화염 방지기와 온도 트랜스미터는 Edwards에 문의하십시오. 화염 방지기와 펌프를 펌프의 흔히 않은 오작동에서(Zone 0) 보호하기 위해, 배출구 온도 트랜스미터를 펌프 배출구에 설치해야 합니다. 중단 시점은 펌핑 시스템에 따라 다릅니다. 펌프의 관련 ATE 설명서를 참조하십시오.

흡입구나 배출구의 온도 트랜스미터가 고장 상태를 나타내며 최대 한도에 도달했을 경우, 적절한 조치를 취해야 합니다. 이는 응용 분야에 따라 다르지만 다음을 포함할 수 있습니다.

- **연료 공급 중단** - 진공 펌프의 흡입구에 위치한 밸브를 닫아 연료를 진공 펌프로 공급하지 않음
- **점화원 중단** - 모터 전원을 꺼서 진공 펌프 중지
- **화재 공간 불활성화** - 불활성 가스를 화재 공간으로 빠르게 추가하면(일반적으로 펌프의 배출 매니폴드에 항상 위치해 있지 않음) 화염을 제거하게 됩니다.

점화원을 제거했을 경우에도 화염이 다시 점화될 수 있다는 점을 참고하십시오.

## 6.8 점화원

진공 펌프를 사용해 가연성 혼합물을 펌핑할 경우, 모든 가능 점화원을 염두에 두어야 합니다. 아래에는 전체적인 검토의 일환으로 사용할 수 있는 고려 영역이 있습니다. 공정에 따라 일부 또는 모든 점화원을 방지할 수도 있습니다. 공정 상태나 시스템 요건으로 인해 점화원을 방지할 수 없을 경우, 그에 따라 시스템을 설계해야 합니다.

### 참고:

*일부 Edwards 펌프는 내부 폭발이 포함되었다는 점을 확인하는(올바로 적용된 경우) 제 3자 인증을 받았습니다.*

- **기계 접촉** - 진공 펌프와 시스템 내부에 있는 회전 및 정지 부품의 기계 접촉은 점화원을 제공할 수 있습니다. 모든 Edwards 진공 펌프는 모든 작동 상태 중 펌프 내에서 올바른 세척 실행을 위해 설계 및 구축되었습니다. 이러한 점화원을 피하기 위해, 내부 표면상의 자재 침전물을 방지하거나 펌프를 청소하는 것이 중요합니다. 베어링은 좋은 상태로 유지해야 하고, 공정 가스와의 접촉을 없애기 위해 충분한 윤활유와 적절한 퍼지 가스가 있어야 합니다. 안전하고 신뢰할 만한 작동을 보장하기 위해 베어링의 권장 유지 체제를 따라야 합니다.
- **입자 섭취** - 모든 펌핑 메커니즘은 공정으로 생성되거나 시스템 오작동 공정으로 인한 잠재적 입자 섭취가 있습니다. 이동 및 정적 표면 간에 이동할 경우, 열을 생성할 수 있습니다. 적절한 흡입구 스크린(망) 또는 필터는 입자가 진공 펌프로 유입되는 것을 막아 입자의 크기와 부피를 안전한 양으로 줄입니다. 흡입 화면에 적합한 유지보수 체제에 주의해야 합니다.
- **방진 구성** - 내부 틈에 미세 소형 방진 구성은 펌핑 메커니즘이 방진 생성 공정 중에 있을 경우 발생할 수 있습니다. 흡입구 방진 필터를 사용해도 작은 방진 입자가 펌프에 들어갈 수 있습니다. 열 변화에 의한 작은 치수 변화로 소형 방진이 이동 표면에 접촉하고 열을 생성할 수 있습니다.
- **압축 열(자동 점화)** - 압축기 내 압축 내부 열은 펌핑되는 가스나 증기의 자동 점화 온도와 관련하여 고려해야 합니다. 펌프에 최소한 펌핑 중인 가스 이상인 온도 분류를 보장해야 합니다.
- **뜨거운 표면** - 가연성 가스나 증기가 뜨거운 표면에 접촉할 수 있는 곳에서는 자동 점화 온도를 초과할 경우 점화할 수 있습니다. 참고: Edwards 펌프 및 화염 방지기는 내부(및 외부) 표면 온도를 증가시켜 자동 점화시킬 수 있을 경우 절연시켜서는 안 됩니다.
- **외부 적용 열** - 예를 들어, 외부 적용 열은 진공 장비 근처에 화재가 발생할 경우 발생할 수 있습니다. 이러한 상태에서 시스템의 최대 정적 압력을 초과하는 내부 압력, 자동 점화 온도를 초과하는 온도를 생성할 수 있습니다. 이는 시스템 위험 분석의 일환으로 염두에 두어야 합니다.
- **뜨거운 공정 가스 흐름** - 높은 흡입구 가스 온도로 펌핑되는 자재의 자동 점화 온도를 초과하는 내부(또는 외부) 표면을 초래할 수 있습니다. 온도 흡입구 가스는 로터/스테이터 중지로 이어질 수 있습니다. 최대 허용 가능 내부 가스 온도는 진공 펌프 사용 설명서를 참조하십시오. Edwards에 추가 문의하십시오.
- **축매 반응** - 축정 자재가 있으면 축매 반응이 일어날 수 있습니다. 진공 시스템의 모든 구축 자재는 펌핑된 가스나 증기를 활용하는 방식으로 수행하는 것을 고려해야 합니다.
- **발화성 반응** - 공기나 산화제 유입으로 인한 발화성 자재의 연소 열은 가연성 자재에 대한 점화원 역할을 할 수 있었습니다. [발화성 물질](#) / 페이지 11을 참조하십시오.

- **정전기** - 특정 상태는 정전기가 불꽃 형태로 접지하기 전 절연 구성요소를 구축할 수 있는 상황을 일으킬 수 있습니다. 정전기 발생 가능성은 시스템 설계의 일환으로 고려해야 합니다.
- **번개** - 외부에 있을 경우, 번개가 점화 에너지를 발생시킬 수 있습니다. 시스템 설계 시 이러한 상황의 발생 가능성을 염두에 두어야 합니다.

## 6.9 요약 - 시스템 설계

안전한 진공 펌핑 시스템을 설계하기 위해, 다음 사항을 고려해야 합니다. 응용 분야에 따라 고려해야 할 사항이 더 있을 수 있습니다.

- 위험 물질을 펌핑할 경우, 시스템이 안전 조건에 실패하지 않도록 설계해야 합니다
- 산화제를 펌핑할 때 PFPE(퍼플루오르폴리에터)와 윤활유를 사용하십시오
- 불활성 가스를 사용해 폭발성 또는 가연성 하한 미만의 가연성 가스 농도나 최소 또는 하한 산화 농도 미만으로 줄일 경우, 불활성 가스 공급의 무결성을 보장해야 합니다.
- 농도는 또한 폭발성 또는 가연성 상한 이상으로 유지할 수 있지만, 적절한 안전 예방 조치로 농도가 가연성 범위로 떨어질 수 없게 보장해야 합니다.
- 사용 전 필수 누출 방지를 보장하기 위한 누출 테스트 시스템과 장비
- 가스가 대기 중으로 배출되거나 산화 gas와 혼합될 경우 발화성 가스를 불활성 가스를 활용해 안전 수치로 희석시키십시오.
- 시스템의 가스 경로 어디에서나 아지드와 나트륨이 중금속에 닿도록 해서는 안 됩니다.
- 시스템 최대 압력이 시스템 단일 부품에 대한 개별 안전 수준을 초과하지 않게 해야 합니다.
- 항상 펌핑하려고 한 물질 공급에 대한 안전 정보 문의
- 배기량의 오일과 관련된 위험 물질이 있는 오일 밀봉 로터리 베인이나 피스톤 펌프에 기본 설정된 건식 펌프 사용을 고려하십시오.
- Edwards 진공 펌프를 사용해 잠재적인 가연성 혼합물을 펌핑할 경우, 모든 가능 점화원과 폭발 가능성에 대한 잠재적 결과를 모두 염두에 두어야 합니다.

## 7. 올바른 장비 선택

응용 분야에 맞는 올바른 장비를 선택하려면 시스템을 작동하는 데 필요한 한도를 고려해야 합니다. Edwards 장비에 대한 기술 데이터는 당사의 제품 카탈로그, 마케팅 간행물과 장비의 사용 설명서에서 제공됩니다. 대부분의 경우 추가 정보가 요청 시 제공됩니다. Edwards에 문의하십시오.

진공 시스템을 설계할 때, 다음과 같은 관련 기계 펌프 매개변수를 고려하십시오.

- 최대 정적 압력(흡입구 및 배출구)
- 최대 작동 흡입구 압력
- 최대 작동 배출구 압력
- 흡입구 및 배기구 구성요소의 전도도
- 펌프에 피팅된 기타 구성요소의 압력 사양
- 배기관이 막힌 경우 압력 모니터링

오일 셸링 로터리 베인과 피스톤 펌프의 경우, 다음과 같은 사항을 고려해야 합니다.

- 가스 발라스트 유속
- 오일 박스 퍼지 유속
- 오일 박스 내 트랩된 가스와 증기
- 오일 박스 내 오일에 흡수된 가스와 증기

최대 정적 압력은 펌프의 흡입구 또는 배출구 연결이 펌프가 작동 중이지 않을 때 노출될 수 있는 최대 압력을 정의합니다. 압력은 펌프의 기계적 설계에 따라 달라집니다.

오일 밀봉 로터리 베인과 피스톤 펌프는 대기압 이하의 흡입구 압력으로 작동되도록 설계되었으며, 최대 정적 압력 정격이 대기압 이상일 경우에도 작동 중 펌프의 최대 흡입구 압력이 대기압을 초과해서는 안 됩니다. 일부 제조업체에서는 펌프의 연속 흡입구 압력을 대기압보다 낮게 제한했습니다. 작동 중인 펌프의 최대 흡입구 압력은 최대 작동 압력이라고도 합니다.

최대 작동 압력이 제한된 이유는 펌프의 기계적 무결성과 반드시 관련되어 있지 않습니다. 최대 압력은 일반적으로 높은 흡입구 압력에서 펌프의 전력 소모량에 비례하며, 펌프 또는 전기 모터의 기계적 구성요소의 잠재적인 과열 위험과 관련 있습니다.

유사한 이유로, 진공 펌프의 흡입구 압력을 최대한 적게(일반적으로 0.15 bar 게이지 이하,  $1.15 \times 10^5$  Pa, 지속적으로 작동할 경우) 유지할 것을 권장합니다. 펌프는 보통 무제한 배출로 작동하도록 설계되었으며, 0.15 bar 게이지( $1.15 \times 10^5$  Pa)의 배출압은 보통 배기 추출 시스템과 처리 장비를 통해 배출 가스를 지원하는데 충분합니다.

### 7.1 오일 밀봉 로터리 베인 및 피스톤 펌프

Edwards 오일 밀봉 로터리 펌프에는 E1M, E2M, ES 및 RV 시리즈 로터리 베인 펌프와 오일 밀봉 피스톤 펌프의 Stokes Microvac가 있습니다. 일반적으로 모든 진공 펌프는 대기압보다 낮은 흡입구 압력으로 그리고 대기 중으로 자유롭게 환기되는 펌프 배기로 작동하도록 설계되었습니다.

오일 밀봉 로터리 베인과 피스톤 펌프는 결정적 이동 압축기이며, 배출구가 막히거나 제한된 경우 매우 높은 배기 압력을 생성할 수 있습니다. 이러한 경우, 압력은 펌프 오일 박스의 안전 정적 압력을 초과할 수 있으며, 시스템의 다운스트림 구성요소의 안전 정적 압력을 초과하는 경우도 많습니다(폴리프로필렌 스크러버 또는 진공 O링 조인트 등). 따라서 Edwards는 펌프 배출 라인의 높은 무결성의 배출 압력 센서를 장착할 것을 권장합니다.

이러한 희석 안전 수준에 도달하기 위해 가스 발라스트는 펌프의 오일 박스에 연결된 오일 박스 퍼지(이 설비 이용 가능)에 의해 증가될 수 있습니다. 발라스트와 오일 박스 퍼지 흐름 속도의 증가로 배출 시스템 전반에 걸쳐 이동된 양이 증가합니다.

모든 Edwards 오일 밀봉형 펌프는 가연성 및 폭발성 가스 혼합물을 유지하는 상당한 오일 박스 부피를 지니고 있습니다. 오일 박스의 오일은 증기와 가스성 부산물을 효과적으로 흡수하거나 응축할 수 있습니다. 오일에 트랩된 증기와 가스는 발화성 또는 독성일 수 있습니다. 따라서, 유지보수 중 안전을 보장하기 위해 특수 처리 절차가 있어야 합니다.

## 7.2 Edwards 건식 펌프

최대 작동 압력은 오일 밀봉 펌프에게 영향을 미치는 동일한 요소로 제한됩니다(즉, 펌프 또는 전기 모터의 기계 구성요소 가열의 잠재적 위험).

Edwards 건식 펌프는 결정적 이동 압축기이며, 매우 높은 배기 압력을 생성할 수 있습니다. 공정에 고체 부산물이 발생하는 시스템에 펌프가 통합되는 경우(및 배기 라인에 막힘 가능성이 있는 경우) Edwards에서는 무결성이 높은 배기 압력 모니터를 설치할 것을 강력히 권장합니다. 스위치를 설정해야 하는 작동 압력의 펌프 지침 설명서를 참조하십시오.

Edwards 건조 펌프는 높은 처리량의 가스 발라스트 용량을 지니고 있습니다. 질소 등의 희석 가스 추가로 펌프 메커니즘이 반응 역제를 최적화할 수 있습니다. 가스 퍼지 유속은 펌프 사용 설명서를 참조하십시오.

## 7.3 파이프라인 설계

### 7.3.1 벨로스

벨로스는 깊은 주름이 있는 짧고, 얇은 벽면 구성요소입니다. 이는 펌프에서 진공 시스템으로 전달되는 진동을 줄이는 데 사용됩니다.

벨로스를 항상 양쪽 끝을 제약시켜 직선으로 설치하십시오. 올바르게 설치될 경우, 벨로스는 작은 내부 양압을 견딜 수 있습니다(자세한 내용은 벨로스 사용 설명서 참조). 건식 펌프 배출구에 벨로스를 사용하지 말고 꼬임 플렉시블 파이프를 사용하십시오([플렉시블 파이프라인](#) / 페이지 26 참조).

빈번한 주기 응용 분야에서 사용할 때 벨로스 피로 장애의 가능성을 염두에 두어야 합니다.

### 7.3.2 플렉시블 파이프라인

플렉시블 파이프라인은 벨로스보다 두꺼운 벽면 섹션이자 얇은 주름입니다. 플렉시블 파이프라인은 진공 시스템 구성요소를 편리하게 연결하는 방법으로 단단한 진공 파이프라인에서 정렬 불량이나 작은 이동을 보완하는 데 도움을 줍니다. 플렉시블 파이프라인은 상대적으로 굴곡을 심하게 해서 형성될 수 있으며 위치를 고정시킵니다.

플렉시블 파이프라인은 정적 시스템에 설치하기 위한 용도입니다. 반복적으로 굽히면 피로 장애를 일으킬 수도 있어 적합하지 않습니다.

플렉시블 파이프라인을 사용할 경우, 최단 길이를 사용하고 불필요하게 굽히지 마십시오. 배출압이 높을 수 있는 응용 분야에서는 꼬임 플렉시블 파이프라인을 사용해야 합니다.

꼬임 플렉시블 파이프라인은 섬유 스테인리스강 쇄끈의 외부 보호 층이 있는 벨로스입니다. 꼬임 플렉시블 파이프라인을 설치할 때, 꼬임 플렉시블 파이프라인과 공급된 사용 설명서의 최소 굽힘 반경을 준수해야 합니다.

### 7.3.3 앵커 지점

파이프라인과 파이프라인 구성요소를 올바르게 앵커로 연결해야 합니다. 예를 들어, 벨로스를 앵커로 잘못 연결할 경우, 펌프에서 생기는 진동을 줄이지 못하고 파이프라인의 피로를 누적시킬 수 있습니다.

### 7.3.4 씰

진공 시스템의 어느 부품에서나 양압이 발생할 가능성이 있을 경우(고장난 상태에서), 예상 진공 및 양압을 견딜 수 있는 적절한 씰 유형과 재질을 사용해야 합니다.

## 7.4 물리적 과압 보호

이전에 논의한 대로, 과압은 시스템 또는 구성요소 중 하나의 제한이나 막힘을 일으킬 수 있습니다. 과압은 펌프 또는 외부 압축 가스 공급장치의 압축 가스 흐름으로 인해 발생할 수도 있습니다(회석 시스템의 흐름 등). 시스템 과압을 보호하는 두 가지 주요 방법이 있는데, 압력 안정과 과압 알람/트립으로 다음 단락에서 설명됩니다.

### 7.4.1 압력 안정

과열판이나 압력 안정 밸브를 사용해 과압 상태를 안정화시킬 수 있습니다. 장치의 작동 압력은 시스템의 설계 정격 압력의 미만이어야 합니다. 공정 가스를 안전하게 환기시키고 제한 물질을 환기시키지 않는 영역에 연결된 적합한 파이프라인에 장치를 연결해야 합니다. 만약 공정으로 인해 고체 부산물이 생성될 경우, 압력 안정 장치를 정기적으로 검사해 막히거나 제약을 받지 않는지 확인해야 합니다. 이런 보호 장치를 설계할 때 과열판의 피로 수명이나 밸브 수명에 대한 압력 파동 효과를 고려해야 합니다.

### 7.4.2 과압 알람/트립

이러한 보호 방법을 Edwards에서 종종 사용합니다. 이러한 보호 유형은 어느 시스템에서나 권장되지만, 고체 부산물을 생성하는 시스템에 적합하지 않을 수 있습니다.

### 7.4.3 압력 조절기

환기와 비환기라는 두 가지 유형의 조절기가 있습니다.

환기 조절기는 가스를 대기 중으로 또는 개별 환기 라인으로 환기시켜 흐름 없이 지속적인 배출구 압력을 유지합니다. 환기 조절기는 파이프라인 진실성이 매우 중요한 경우 일반적으로 사용됩니다.

비환기 조절기는 흐름이 있을 때 지속적인 배출구 압력만 유지할 수 있습니다.

흐름이 없으면, 일부 조절기의 출입구 압력이 공급 압력 수준으로 상승할 수 있습니다. 상승 등급은 조절기의 특성과 출입구가 연결된 볼륨에 따라 다릅니다. 상승은 몇 분에서 몇 개월까지 걸릴 수 있습니다.

압력 조절기는 중단 밸브가 되도록 설계되지 않았으며 분리해야 할 때 적절한 분리 장치(솔레노이드 밸브 등)로 연소할 경우 사용해야 합니다. 또는, 안전하게 초과 압력을 환기하기 위한 조치를 취해야 합니다.

### 7.4.4 화염방지기

화염방지기는 폭발 방지 장치가 아닙니다. 파이프나 관과 더불어 불꽃면의 확대를 방지하도록 설계되었습니다(화염방지기 보호 시스템의 사용/화염 방지기 보호 시스템 사용 [화염 방지기 보호 시스템 사용](#) / 페이지 22을 참조하십시오). 화염 방지기는 표면이 크

고 전면판 화면에 대한 전도도 차이를 제공하여 화염을 점화시킵니다. 화염 방지기는 깨끗한 가스나 증기에 사용하는 시스템 사용에만 일반적으로 적합합니다.

가스 혼합물의 폭발 에너지는 압력과 함께 증가합니다. 대부분의 화염 방지기는 내부 압력이 대기압을 초과하는 영역을 보호하기 위해 설계되었습니다. 화염 방지기로 이어지는 배출 추출 시스템의 작동 압력은 최대 작동 압력을 초과해서는 안 됩니다. 그러나, Edwards 화학 건식 진공 펌프와 사용하도록 인증된 방지기의 경우, 최대 허용 가능 압력은 ATEX 사용 설명서를 참조하십시오. 진공 펌프의 최대 허용 가능 배압을 고려해야 합니다.

화염 방지기는 불꽃면에서 연소 열을 제거하여 작동하며, 최대 안전 작동 온도가 있습니다. 이 온도가 열 추적, 단열 또는 이를 통과하는 가스 흐름의 온도로 인해 초과되어서는 안 됩니다.

화염 방지기의 화염 방지 기능은 불꽃면의 속도에 따라 다르며, 이는 결국 점화원과 거리에 달려 있습니다. Edwards 화학 진공 펌프를 사용할 때, 흡인구와 배기구를 긴밀하게 연결시켜야 합니다. 펌프와 방지기 사이에 Elbows 및 Tee 조각을 사용하는 것은 특정한 상황의 일부 펌프에 수용 가능합니다. Edwards에 문의하십시오.

## 7.5 퍼지 시스템

흡입 가스 퍼지 시스템을 장비에 피팅해 공정 주기 종료 이후 시스템에 남은 공정 가스를 제거할 수 있습니다.

퍼지의 올바른 사용으로 부식성 제품을 제거하고, 펌프 손상과 화염 방지기 등 보호 시스템의 손상을 막을 수 있습니다. 또한, 공정 가스 제거로 원치 않는 잠재적인 위험한 화학 반응이 여러 공정 주기에서 사용한 자재 간에 발생하지 않도록 합니다.

## 7.6 요약 - 올바른 장비 선택

- 응용 분야에 맞는 장비 유형 선택
- 고장 시 안전을 보장하는 데 필요한 모든 적절한 안전 장치 통합
- 정체 부피 제거
- 시스템이 올바르게 제어되고 규제되는지 확인
- 해당할 경우, 감압 장치 통합
- 해당할 경우 화염 포집기 사용
- 사용 전 누출 테스트 시스템 및 장비.

## 8. 작동 절차 및 교육

장비의 작동 안전을 위해 적절한 교육, 명확하고 간결한 지침과 정기적인 유지보수가 필요합니다. 진공 장비를 사용하는 모든 직원이 올바른 교육을 받고, 자격이 있으며, 필요할 경우 자문을 받도록 하는 것이 중요합니다.

Edwards 장비와 관련된 작동 또는 안전 세부 사항에 대해 확실하지 않은 점은 저희에게 문의해 자문을 받으십시오.

## 9. 요약

- 위험 평가를 수행해 모든 위험 요소를 식별하고 가능하다면 제거하며 그렇지 않을 경우 완화하십시오. 이는 진공 시스템 설계, 구축, 시운전, 작동, 유지보수 및 해체를 위해 실행해야 합니다.
- 시스템 내에서 가능한 모든 화학 반응을 고려하십시오. 고장난 상태에서도 발생할 수 있는 반응 등 비정상적인 화학 반응을 허용하십시오.
- 공정 자재, 예를 들어 자동 점화와 관련된 잠재적 위험 상황을 평가할 때 자재 안전 데이터시트를 참조하십시오.
- 회석 기술을 사용해 산화제 및 가연성 자재와의 반응을 최소화하십시오.
- 펌프 산화제와 발화성 자재를 펌핑할 때 펌프에 올바른 윤활유를 사용하십시오.
- 공정 생성 중이거나 아지드화 나트륨을 사용할 경우 펌핑 시스템의 가스 경로에 증금속을 사용하지 마십시오.
- 안전 계산을 수행할 때, 시스템의 모든 구성요소에 대한 안전 작동 압력을 염두에 두어야 합니다. 비정상적이고 고장난 상태를 고려해야 합니다.
- 올바른 감압 장치 유형을 포함시키고 응용 분야에 적절하게 등급을 매기십시오.
- 배기가 막히지 않게 하십시오.
- 회석 가스를 적절히 규제하고 모니터링하십시오.
- 위험 물질을 펌핑할 경우, 시스템이 안전 조건을 실패하지 않도록 설계해야 합니다.
- 산화제를 펌핑할 때 PFPE(퍼플루오르폴리에터) 오일과 윤활유를 사용하십시오.
- 불활성 가스를 사용해 가연성 및 발화성 가스를 안전한 수준으로 희석하거나 고장 등의 모든 공정 상태 중 적절한 안전 요소를 고려하는 가연성 / 발화성 하한을 넘도록 유지하십시오.
- 시스템 최대 압력이 시스템 단일 부품에 대한 최대 압력 정격을 초과하지 않게 해야 합니다.
- 배기량 내 오일과 관련된 위험이 존재하는 경우 오일 밀봉 펌프에 기본 설정된 건식 펌프 사용을 고려하십시오.
- 정체 부피를 제거하십시오.
- 시스템이 올바르게 제어되고 규제되는지 확인하십시오.
- 해당할 경우 화염 포집기를 사용하십시오.
- 사용 전 누출 테스트 시스템 및 장비.



