

KOSHA GUIDE

P - 170 - 2021

산소 배관 및 배관설비에 관한 기술지침

2021. 12.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자: 전남대학교 장희

○ 제 · 개정 경과

- 2021년 11월 화학안전분야 제정위원회 심의(제정)

○ 관련 규격 및 자료

- EIGA, Doc. 13/20 Oxygen Pipeline and Piping Systems
- KOSHA GUIDE D-51-2013 “장거리 이송배관 안전관리에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE, E - 38 - 2012, “접지선과 접속방법에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE, G - 4 - 2011, “배관내 이송물질 표시에 관한 안전가이드”
- KOSHA GUIDE M-116 “기기 및 배관의 부식관리 기술지침”
- KOSHA GUIDE, P-138 -2013 “산소 과잉 분위기의 화재 위험성 및 방지대책에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE, H-80 -2018 “밀폐공간 작업 프로그램 수립 및 시행에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE, P - 94 - 2019 “안전작업허가지침”
- KOSHA GUIDE P - 101 - 2012 “비상조치계획 수립에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE P - 106 - 2016 “중대산업사고 조사에 관한 기술지침”

○ 기술지침의 적용 및 문의

- 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지(www.kosha.or.kr)의 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자: 2021년 12월

제 정 자: 한국산업안전보건공단 이사장

산소 배관 및 배관설비에 관한 기술지침 제안개요

I. 제정이유

산소를 취급하는 콜드박스 외부의 공기 분리 플랜트에 있는 금속 산소 배관, 분배 배관설비 및 가스 산소배관의 안전을 확보하는데 필요한 사항을 제시하는데 그 목적이 있다.

II. 제정(안)의 주요 내용

1. 안전설계
2. 배관, 밸브 및 부속설비 등
3. 세척, 제조 및 검사
4. 운영, 모니터링 및 유지보수
5. 일반 안전조치

III. 참조된 규격 및 관련자료

- EIGA, Doc. 13/20 Oxygen Pipeline and Piping Systems
- KOSHA GUIDE D-51-2013 “장거리 이송배관 안전관리에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE, E - 38 - 2012, “접지선과 접속방법에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE, G - 4 - 2011, “배관내 이송물질 표시에 관한 안전가이드”
- KOSHA GUIDE M-116 “기기 및 배관의 부식관리 기술지침”
- KOSHA GUIDE, P-138-2013 “산소 과잉 분위기의 화재 위험성 및 방지대책에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE, H-80-2018 “밀폐공간 작업 프로그램 수립 및 시행에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE, P - 94 - 2019 “안전작업허가지침”
- KOSHA GUIDE P - 101 - 2012 “비상조치계획 수립에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE P - 106 - 2016 “중대산업사고 조사에 관한 기술지침”

IV. 제정위원회 심의개요

- 제 안 자: 전남대학교 장희
- 심 의 일: 2021년 11월 00일
- 주요 수정내용: 용어의 정의 추가, 자구 수정

산소 배관 및 배관설비에 관한 기술지침

1. 목적

산소를 취급하는 콜드박스 외부의 공기 분리 플랜트에 있는 금속 산소 배관, 분배 배관설비 및 가스 산소배관의 안전을 확보하는데 필요한 사항을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 온도 범위가 $-30 \sim 200$ °C, 압력이 최대 21 MPa(3000psig), 이슬점 30 °C 이하인 가스 산소에 대하여 적용한다. 다만, 산소 실린더 충전 플랜트, 의료용 산소 배관설비, 콜드 박스 내부 배관, 산소 압축장치, 액체산소 기화기, 대용량 산소설비(액체 산소 또는 고압 가스) 및 기계 배관은 제외한다.

3. 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “산소배관”이라 함은 산소를 사용하는 설비로 배관 및 구성요소를 말한다.

(나) “플랜트 파이프(Plant piping)”라 함은 산소 생산 시설 내의 배관을 말한다.

(다) “가스 산소(Gaseous oxygen)”라 함은 부피 기준 23.5% 이상의 산소를 포함하는 가스를 말한다.

(라) “저순도 산소(Low purity oxygen)”라 함은 부피 기준 산소의 농도가 23.5 ~ 35 %의 산소를 포함하는 가스를 말한다.

(마) “고순도 산소(Standard purity oxygen)”라 함은 부피 기준 산소의 농도가 99.5 % 이상의 산소를 포함하는 가스를 말한다.

(바) “초고순도 산소(UHP, Ultra-high purity oxygen)”라 함은 부피 기준 산소의 농도가 99.999 % 이상의 산소를 포함하는 가스를 말한다.

(사) “가스 압력(Gas pressure)”이라 함은 배관 및 배관설비 내에서 달성 할 수 있는

최대 압력을 말한다.

- (아) “유속(Velocity)”이라 함은 실제 체적을 단면적으로 나눈 값을 말하며, 파이프와 그 구성요소의 유속을 크게 다를 수 있다.
- (자) “면제재질(Exempt materials)”이라 함은 정의된 압력, 재질 두께 및 산소 순도 한계 내의 산소 속도제한에서 면제되는 엔지니어링 합금을 말한다. 부록 1, 2는 특정 합금의 구성요소와 두께 제한 및 산소 설비 내의 면제압력을 말한다.
- (차) “면제압력(Exemption pressure)”이라 함은 입자 충돌이 발생할 수 있는 산소가 풍부한 조건에서 재질에 속도제한이 적용되지 않는 최대압력을 말한다. 부록 2에 나열된 합금의 면제압력은 업계 경험과 ASTM G124, “산소에서 엔지니어링 재질의 연소 거동을 결정하기 위한 표준 테스트 방법”에 따른 점화 연소 시험의 조건을 기반으로 작성된 것이다.
- (카) “건조 오일프리 공기 또는 질소(Dry, oil-free, air or nitrogen)”이라 함은 이슬 점이 -40°C 이하이고, 오일 함량이 0.5 mg/m^3 이하인 공기 또는 질소를 말한다.
- (타) “내화성 합금(Burn resistant alloys)”이라 함은 점화된 후에도 불이 붙거나 타지 않는 엔지니어링 합금을 말한다. 산소 순도, 온도 및 최소 재질 두께를 포함하여 정의된 일련의 공정조건에서 사용된 면제압력 이하의 금속은 내화성 합금으로 간주한다.
- (파) “코발트 합금(Cobalt alloys)”이라 함은 일반적으로 최소 40 % 중량의 최소 코발트를 함유한 합금을 말하며, Stellite 6 또는 Stellite 6B와 같은 내마모성 합금은 때때로 침식 손상을 최소화하고 밸브 수명을 개선하기 위해 밸브 트림의 코팅으로 사용된다.
- (하) “구리합금(Copper-based alloys)”이라 함은 일반적으로 최소 55 % 중량 이상의 구리를 함유한 합금을 말하며, 산소 배관 및 배관설비용 부품에 사용된다. 대표적인 예로는 구리, 황동 (주로 아연으로 합금 된 구리), 청동 (알루미늄, 실리콘, 망간, 주석, 납 등으로 합금 된 구리) 및 구리 니켈 (니켈로 합금 된 구리) 등이 있다.
- (거) “철 합금(Ferrous alloys)”이라 함은 탄소강, 저합금강 및 모든 스테인레스 강이 포함되고, 주조 또는 단조 형태로 사용한다.
- (너) “니켈 합금”이라 함은 최소 50 % 중량에서 최대 99 % 중량의 니켈 함량을 함유하는 니켈 기반 합금을 말하며, 주로 산소 가스 전송용 파이프 라인 및 배관

설비에 사용된다. 일반적으로 함유된 니켈 및 구리 함량이 높을 수록 합금의 내화성이 높아진다.

(더) “비철 합금(Non-ferrous alloys)”이라 함은 구리, 니켈 및 코발트만 포함된 합금을 말하며, 알루미늄, 지르코늄 등과 같은 반응성 물질은 제외된다.

(2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 주요 물질의 경우를 제외하고는 「산업안전보건법」, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 정의하는 바에 의한다.

4. 안전설계

4.1 일반사항

- (1) 산소 이송 파이프 라인 또는 배관설비의 안전한 설계 및 운전은 서로 영향을 미칠 수 있는 다양한 요인이 있다.
- (2) 산소는 화재 3요소의 산화제 중에서 아주 강한 산화제에 속한다.
- (3) 산소설비에서 산소는 산화제이며 농도, 압력, 온도 및 유량이 증가함에 따라 배관설비의 화재위험이 증가한다.
- (4) 산소설비의 연료는 구성 재질(금속, 비금속 및 윤활유) 또는 미립자, 오일 또는 그리스와 같은 오염물질 등이다.
- (5) 산소설비에 공통적인 점화원에는 이물질에 의한 충격, 단열압축, 마찰 가열 등이 있다.
- (6) 산소설비는 운전 조건에 따라 화재의 3요소가 공존할 수 있어 화재폭발의 위험이 아주 높아 어떠한 경우도 항상 허용 가능한 수준 이하로 설계, 운전 및 유지보수가 되어야 한다. 예를 들어, 산화제의 심각도를 최소화하는 것은 실제로 산소 압력, 온도 또는 농도를 줄이는 것이 포함될 수 있다.
- (7) 연료의 심각도를 최소화하려면 활성 점화 메커니즘이 있는 위치에서 내화성 합금을 사용하도록 보장하는 것이다.
- (8) 점화원의 심각도를 최소화하려면 이물질의 입자 영향을 줄일 수 있도록 산소설비의 세척, 온도상승 방지를 위하여 압축열 제거, 낮은 유속 등의 안전한 조치를 하

여야 한다.

(9) 따라서 모든 구성요소를 포함하여 산소 배관 전송 또는 분배 배관은 다음 조건을 고려하여 안전하게 설계하여야 한다.

(가) 산화제 : 유체 순도, 조성, 가스 속도, 압력, 온도 및 이슬점과 관련된 산소 서비스 조건

(나) 연료-구성 재질, 금속 및 비금속 구성요소 선택, 내화성

(다) 점화원 : 밸브 등의 금속 개방으로 구성 요소에서 이물질 입자 충돌 점화, 마찰 가열 또는 단열 압축 가열에 기여하는 요인(가스 속도 및 충돌 지점 등)

(10) 기타 추가적으로 고려할 사항은 다음과 같다.

(가) 설치 환경(예 : 내진설계 등급, 지질 등)

(나) 압력용기, 배관 등의 설계기준

(다) 산소설비에 관련된 국내외 법규, 관련 규정 등

(라) 산소설비의 세척기준 등

(11) 낮은 압력의 산소설비는 플라스틱 또는 복합재질과 같은 비금속 재질을 사용할 수 있다. 그러나 생산 공장, 이송 배관설비 또는 분배 배관설비에서 산소가 풍부한 가스에 비금속 배관을 사용하는 것은 이 지침을 벗어나며 특정 위험성 평가 및 평가 결과에 따라서 적절한 조치를 하여야 한다.

(12) 일반적으로 배관과 파이프 라인을 통해 운반되는 기체 산소에는 수분이 포함되어 있으나, 무시할 수 있는 양이기에 부식에 대한 특별한 예방 조치가 필요하지 않다. 그러나 장비 고장 (예: 압축기 인터쿨러 또는 애프터 쿨러)의 경우 배관 및 배관설비가 물로 오염 될 수 있는 영역을 식별할 수 있도록 적절한 설계 및 / 또는 모니터링 절차를 도입하여야 한다.

(13) 습식 산소를 지속적으로 이송하는 경우에는 배관 및 배관설비 내에 물이 생성될 수 있어 내식성 재질을 사용하거나 내부 코팅과 같은 방식조치를 하여야 한다.

(14) 산소설비에 사용하는 내부 코팅, 부식 억제제 등은 산소와 호환성이 있어야 하고, 가연성 물질은 사용할 수 없다.

4.2 산소설비의 재질 호환성

산소설비의 재질선정은 여러 운전조건에 따라 달라질 수 있으며, 일반적으로 재질의 호환성은 재질의 가연성과 점화성(Flammability and ignitability)에 따라 달라진다.

4.2.1 재질의 가연성

- (1) 재질의 가연성을 결정하는 요소 중 일부에는 재질 구성, 두께 및 산소 압력, 온도, 농도 등과 같은 작동조건이 포함된다.
- (2) 표준 테스트 방법은 주로 산소에서 물질의 가연성을 결정하는 데 사용되고, 금속의 경우 ASTM G124, 비금속의 경우 ASTM D2863, 기체 산화제의 액체 및 고체 물질의 경우 ASTM G125 등의 방법을 따른다.

4.2.2 점화 메커니즘과 연쇄 점화

- (1) 점화 메커니즘에는 입자 충격, 단열압축(공압 충격), 유기 물질에 의한 점화 촉진, 마찰 가열, 전기 아크 등이 있다.
- (2) 점화 메커니즘에 대한 특정 조건이 존재하면 점화 메커니즘이 활성화된 것으로 간주한다. 예를 들어 입자 충돌이 활성화되는 데 필요한 조건은 다음과 같다.

(가) 미립자

(나) 높은 가스 속도

(다) 충돌 지점

- (3) 이 지침에서 설명된 설계 관행은 점화와 관련된 조건 및 관련 인자를 최소화하기 위한 것이다.
- (4) 일단 점화가 되면 가연성 재질과 주위 설비는 여러 요인에 따라 주변의 다른 재질을 가열시켜 연쇄적으로 화재가 전파될 수 있다.
- (5) 화재가 전파되는 속도와 범위는 여러 가지 요인 중에서 재질의 두께와 가연성에 따라 달라진다.

4.2.3 산소의 정성적 위험성 평가 및 정량적 위험성 평가

- (1) 산소농도, 압력, 온도 및 속도와 같은 특정 작동 매개 변수는 화재 위험을 증가시킨다.

(2) 이러한 매개 변수가 증가하면, 다음과 같은 보다 엄격한 설계지침이 적용된다.

(가) 배관 및 장비의 청소 및 청결 유지

(나) 호환 가능한 비금속 및 적절한 경우 윤활유 사용

(다) 면제재질 사용.

(3) 산소 위험 분석은 산소배관의 화재 위험을 평가하는 데 사용되는 방법이다. 또한 점화 가능성 또는 점화 결과 지속성 여부를 평가한다.

(4) 발화 가능성 또는 발화 결과(작동조건에 따라 발화 vs. 지속 연소)를 평가하며 다음 (5) 내지 (7)에서 자세히 설명한다.

(5) 신규 설계 시 재질을 선택하거나 기존 배관설비에 적용할 설계에 필요한 재질을 선정 또는 재질을 변경할 때 위험성을 평가하는 데 사용할 수 있다.

(6) 금속 합금을 면제압력 이상으로 사용하고 가스 속도가 압력-속도 곡선에 의해 허용된 속도를 초과하는 경우 산소 위험 분석이 필요하다.

(7) 위험성 평가는 다음과 같은 순서로 진행한다.

(가) 운전 조건 (산소 순도, 최대운전 압력, 온도 및 가스 속도 등)을 검토

(나) 사용하는 재질의 두께 및 코팅하는 물질의 두께와 가연성 평가(4.2 (1) 참조).

(다) 존재하는 요인에 따라 화재의 3요소를 평가

(라) 금속의 점화 메커니즘에는 입자 충격, 마찰 가열/용착, 전기 아크, 비금속/오염 물질로 인한 점화 촉진 등의 변수 포함

(마) 비금속의 점화 메커니즘에는 압축 가열, 기계적 충격, 유동 마찰, 정전기 방전 등의 변수가 포함.

(바) 작업자 및 운전에 영향을 주는 심각도를 기준으로 화재의 결과를 평가

(사) 부품 목록, 사용하는 재질, 도면, 절차 등을 평가

(아) 필요한 경우 화재 가능성을 낮추고, 가능하면 화재의 피해를 낮추기 위해 권장 사항을 작성

(자) 화재 위험이나 화재의 피해를 줄이기 위해 다음 순서로 검토한다.

- ① 재질 변경
- ② 설계 변경
- ③ 작업방법 변경
- ④ 격리, 방호구획 설정, 방호장치 설치, 보호구 착용 등

4.3 금속 재질선정

4.3.1 일반사항

- (1) 재질 선정에서 가장 중요한 것은 최악의 운전조건에서 재질이 타지 않는 재질을 선정하는 것이다.
- (2) 금속의 가연성에 주요한 영향을 미치는 주요 변수는 합금 화학, 재질 두께, 운전온도 및 산소압력과 순도 등이 있다.
- (3) 산소배관에서 사용하는 재질은 부록 1의 면제재질을 <그림 1> 충돌 속도곡선 및 <그림 2> 비충돌 속도곡선을 이용하여 이송속도를 선정할 수 있다.
- (4) 여기에 나열된 많은 합금의 면제압력은 ASTM G124 및 기타 설계 요소의 가연성 자료를 기준으로 한다.
- (5) 입자 충돌에 의한 점화 위험을 최소화하기 위해 주어진 최소두께에 대해 면제압력보다 큰 압력에서 선택된 합금이 사용 가능한 가스 속도이다.
- (6) 사용 압력이 주어진 최소두께에 대해 공표된 면제압력보다 큰 경우, 적용되는 가스의 속도는 충돌 부위의 존재에 따라 특정 압력 속도 곡선 아래 영역을 준수하여야 한다.
- (7) 운전압력이 면제압력보다 작을 경우, 합금은 내화성으로 간주되므로 속도에 제한이 필요하지 않다.
- (8) 압력 속도 곡선은 입자 충돌 점화 메커니즘만을 다룬다는 것을 이해해야 한다.
- (9) 다른 점화 메커니즘이 있다면, 관련 근거에 따라 위험성 평가를 하여야 한다.
- (10) 알루미늄 합금은 콜드박스 외부의 가스 산소 배관서리에 사용해서는 안 된다.
- (11) 앞의 4.2 (3)에서 설명에 따라 산소 위험분석을 수행하여 사용할 수 있는 다른 선

택을 할 수 있는 간단한 방법이다.

4.3.2 표준 순도 산소에 대한 면제압력

- (1) 부록 1은 면제압력이 확인된 합금성분의 화학적 조성을 %로 표시하고 있다.
- (2) 부록 1에 열거되지 않은 합금에 대해서는 가연성 평가를 실시하여야 한다.
- (3) 부록 2는 면제압력이 확인된 금속에 대한 면제압력 목록으로 두께가 30 mm 미만의 연소기준에 기초한 것이다.
- (4) 두께는 합금성분과 함께 중요한 변수로 합금의 최소두께는 부록 2에 규정된 최소 두께 이상이어야 한다. 만약 최소두께보다 작으면 가연성으로 간주해야 하고, 배관 압력에 적합한 속도 제한을 준수해야 한다.
- (5) 면제압력은 3.2 ~ 6.4 mm의 주어진 두께 범위를 벗어나면 안 된다.
- (6) 4.2 (1)항에 기술된 적절한 특성화 기법을 사용하여 가연성 평가를 수행할 수 있으며, 이 때 속도를 제한할 필요는 없다.
- (7) 압력 속도 값이 <그림 1>과 <그림 2>의 곡선보다 낮거나 위험 평가에서 발화가 발생할 가능성이 없거나 다른 안전조치에 의해 완화될 수 있는 경우 재질은 면제 압력 이상으로 사용할 수 있다.
- (8) 보호 라이너 및 용접 오버레이(Protective liners and weld overlays) 또는 내화 합금의 코팅은 높은 산소 속도와 압력이 입자 충돌 점화 시나리오를 초래할 수 있는 탄소강 또는 스테인리스강 화학성분과 함께 사용할 수 있다.
- (9) 일반적으로 구리, 니켈 또는 모넬 합금을 사용한다.
- (10) 최소두께는 재질선택, 시험 데이터, 운전조건, 경험 등의 기준에 따라 선정한다.
- (11) 일반적으로 용접 오버레이, 코팅 또는 라이너 두께는 일반적으로 1 ~ 3 mm를 사용한다. 하지만 전기 도금된 표면은 수소 흡수, 박막 보호 코팅의 마모 침식 등과 같은 요소를 평가하는 특정 위험성 평가를 수행되지 않는 한 부적합한 두께로 인해 권장되지 않는다.
- (12) 내마모성이 필요한 경우 경질 합금도 가능성이 있다. 그러나 경질 합금과 그 모재 합금 내화성은 배관설비 내부 속도, 부록 2에 표시된 면제압력 또는 자세한 위험성 평가를 기반으로하는 공정조건에 대해 만족해야 한다.

- (13) 압력 속도 곡선은 입자 충돌 점화 메커니즘만 적용하기 때문에 액체산소를 기화시켜 제조된 기체산소는 충돌을 일으킬 수 있는 입자를 적절하게 세척, 방출 (Blow out)하여야 하며, 검사 및 시운전이나 사용기간 동안에 이물질의 입자가 생성되지 않는 위험성 평가를 실시하고, 이물질 생성을 최소화할 수 있는 스테인레스 재질을 선정할 수 있다.

4.3.3 저순도 산소

- (1) 산소 압력 및 온도와 같은 특정 파라미터에 따라 산소 순도가 감소하면 점화 이벤트가 발생할 경우 금속 가연성이 저하될 수 있습니다. 따라서 속도제한을 적용하지 않을 수 있다.
- (2) 세 가지 옵션을 다음과 같이 고려할 수 있습니다.
- (가) 옵션 1. 표준순도 산소농도 이하의 가스 산소는 99.5 % 이상의 표준순도 산소 농도와 동일하게 처리하고, 표준순도 산소에 대해 부록 2에 나열된 면제압력을 사용한다. 이것은 산소 순도가 감소함에 따라 점점 더 보수적이고 매우 안전한 접근법이다.
- (나) 옵션 2. 감소된 순도 산소는 가스 혼합물의 산소 부분 압력과 동일한 압력에서 순수 산소 가스와 동등한 것으로 처리한다. 따라서 순도 감소 특정 산소 가스 혼합물에 대해 부록 D에 나열된 면제압력은 산소 부분 압력을 나타낸다. 이것은 안전하지만 옵션 1만큼 보수적이지 않다.
- (다) 옵션 3. 인화성 시험은 4.2 (1) 및 부록 1에 기술된 절차를 사용하여 순도가 낮은 산소 환경에서 적합한 재질을 사용하여 수행할 수 있다. 소재가 내화성이 없는 경우 다음 4.4에 표시된 산소 속도 제한을 해야 한다. 테스트 결과 금속이 두께, 산소 순도 및 관심 압력에 대해 내화성이 있는 것으로 나타날 경우 속도제한을 가할 필요가 없다.
- (3) 최대 21 MPa의 압력과 부피 기준으로 산소 함량이 35 % 미만일 때, 탄화수소가 없고 철 및/또는 비철 재질로 구성된 배관설비는 속도제한에서 제외될 수 있다. 이러한 조건에서 탄소강과 스테인리스강은 모두 추진 점화 연소 시험 방법에 의해 내화성 물질임이 입증되었다(부록 1 참조). 단, 이러한 배관재질은 산소 서비스 세척 및 4.5에 설명된 것과 같이 산소와 호환되지 않는 비금속 사용이 권장된다.

4.3.4 초고순도 산소(UHP, Ultra high purity oxygen)

- (1) 초고순도 산소는 반도체와 전자제품과 같은 첨단 기술에 점점 더 많이 이용되고

있다. 이러한 응용분야의 특수 요건은 산소를 오염시킬 수 있고, 입자 충돌 점화 메커니즘에 기여할 수 있는 미입자 제거를 요구한다. 초고순도 산소설비는 특수 세척 절차 외에도 미립자가 없는 상태를 보장하기 위해 특수 모니터링 절차를 한 경우에는 일반적으로 스테인리스강을 사용할 수 있다.

- (2) 초고순도 산소 스테인리스배관 세척은 초고순도 산소설비에 미립자와 점화 가능한 오염물이 없는 것은 입자 충격 메커니즘에서 발화를 방지하는 가장 중요한 요인이다. 따라서 비금속성 구성품을 점화시킬 수 있는 다른 점화 메커니즘(예: 단열 압축)이 존재할 수 있지만 세척이 잘되고 적절히 유지되는 초고순도 산소 설비는 산소 속도 요건에서 면제된다.
- (3) 초고순도 산소 배관설비의 세척은 $1,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NVR(Non-volatile residue)을 초과하지 않는 오염물질 수준을 충족할 수 있는 자격을 가진 특수 청소전문업체가 실시하여야 한다.

4.3.5 온도 제한

- (1) 4.2에서 금속 가연성 및 점화성 정보는 최대 200°C 의 가스 산소 배관 및 배관 설비와 관련이 있다.
- (2) (1)항의 제약조건을 초과하는 온도에서 작동하는 배관설비는 안전을 보장하기 위해 높은 온도에서 추가 분석 및/또는 시험을 필요로 한다.
- (3) 운전온도가 -20°C 미만인 경우, 철강은 다른 산업용 가스와 동일한 방법으로 적절한 연성 및 파괴 인성 값을 입증하여야 한다.
- (4) 고온의 산소 설비는 주위의 건축용 일반 철강에서 녹이 유입되어 설비 내에서 스폐링(spallings, 부스러짐)이나 입자생성 등의 기계적 성질이 변경될 위험이 있어 재질선정에 주의하여야 한다.

4.4 유속과 가스 압력

4.4.1 일반사항

- (1) 배관의 직경은 주로 설계 속도에 기반으로 한다. 이 속도는 정상적인 공정의 운전과 환기를 기반으로 하며, 기계적 고장 또는 제어 밸브 고장 또는 릴리프 밸브 리프팅과 같은 기타 비정상적인 상황으로 인해 발생할 수 있는 속도를 기반으로 하지 않는다.
- (2) 속도는 정의된 모든 작동 압력, 온도 및 유량에서 파이프 내의 평균속도를 말한다.

(3) 배관의 속도는 구성요소의 최소 단면적 유량 영역에 기초해야 한다.

4.4.2 배관 및 장비에 대한 충격 속도 곡선 및 재질 선정

- (1) <그림 2>와 같은 충돌 속도 곡선을 이용하여 새로운 배관, 밸브, 장비 및 관련 배관설비의 설계 및 재질선정을 하여야 한다. 자세한 사항은 5.2.1 및 5.2.2를 참조한다.
- (2) 설계자는 3.2.7에서 정의된 충돌 속도 곡선 및 면제압력에 따라 재질을 선택할 수 있다. 면제압력(부록 2 참조)보다 작은 금속은 속도 제한없이 사용할 수 있다.
- (3) 면제압력보다 큰 경우 설계자는 속도가 충돌 속도 곡선 아래로 유지되는지 확인하여야 한다.
- (4) 충돌 속도 곡선 미만의 속도에는 탄소강, 스테인리스강 및 기타 면제재질을 사용할 수 있다.
- (5) 충돌 속도 곡선 위에서는 면제재질을 사용하거나 위험을 완화하기 위한 적절한 조치를 하여야 한다.
- (6) 배관 및 배관설비는 일반적으로 탄소강으로 제작되기 때문에 가스속도를 충돌 속도 곡선 아래의 값으로 제한하여야 한다.
- (7) 다른 설계 고려사항은 압력 강하, 기체 완충 효과, 소음 감소, 진동 및 운동 에너지를 제한할 필요가 있는 낮은 속도 등이 있다.
- (8) 비충돌 설비의 속도 제한은 4.4.3을 참조한다.
- (9) 0.21 MPa (30 psi) 미만 압력의 경우 업계 관행적으로 적절한 위험 평가와 함께 적절히 설계된 구성요소를 사용하여 속도 제한 없이 산소 서비스에 탄소강과 얇은 두께의 스테인리스강을 사용하고 있다.
- (10) 이는 저압 가연성 테스트에서 이러한 물질에 의해 나타난 낮은 연소율 때문이다. 하지만 이러한 경우 적용하는 구성요소는 사례별로 위험성 평가를 실시하는 것을 권장한다.
- (11) 다음의 경우에는 배관설비의 위험성 평가에서 내화성 재질의 사용 대신에 다른 재질을 사용할 수 있다.
 - (가) 충돌 위치에서 면제재질로 만든 보호판을 사용

(나) 150 μm 이하의 입자를 제거할 수 있는 여과장치를 사용하여 충돌입자를 최소화

(다) 단 4.2.3, 4.2.4, 5.2.2 및 5.2.3에 나열된 사항은 제외

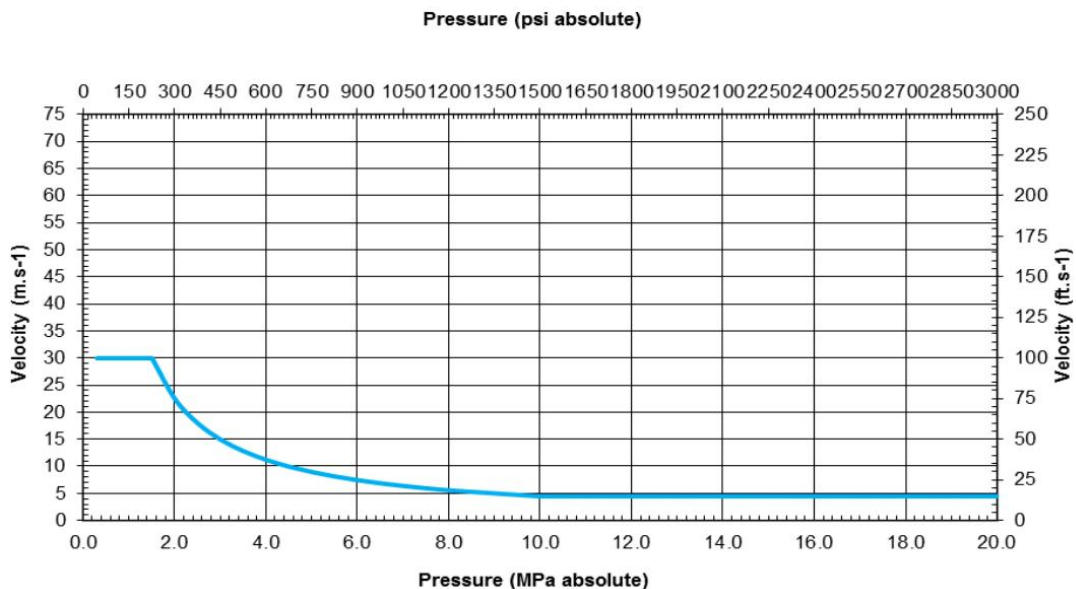
(12) <그림 2>에 표시된 곡선은 최대 200 °C의 설계온도에 유효하다.

(13) <그림 2>의 충돌 속도 곡선의 방정식은 다음과 같이 정의된다.

(가) 0.3 MPa, abs < P < 1.5 MPa, abs 이면, $V \text{ (m/s)} = 30 \text{ m/s}$

(나) 1.5 MPa, abs < P < 10 MPa, abs 이면, $P \cdot V = 45 \text{ MPa, abs} \cdot \text{m/s}$

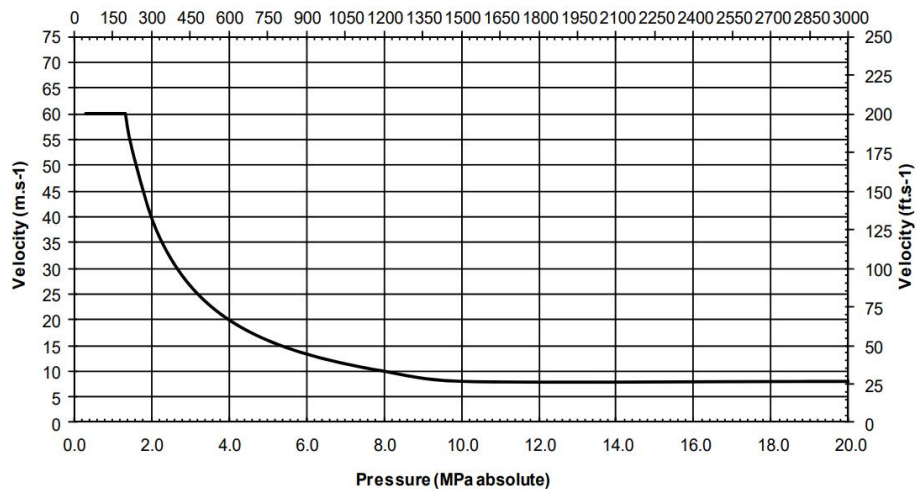
(다) 1 MPa, abs < P < 20 MPa, abs 이면, $V \text{ (m/s)} = 4.5 \text{ m/s}$



<그림 1> 충돌 속도 곡선

4.4.3 비충돌 설비의 속도 제한

(1) 속도는 배관설비의 비충돌설비의 비충돌 부위에서 <그림 2> 비충돌 속도곡선에 나타난 곡선까지 사용할 수 있다. 기타 자세한 내용은 5.2.1, 5.2.2를 참조한다.



<그림 2> 비충돌 속도 곡선

- (2) 비충돌 속도 곡선보다 큰 속도의 경우 면제재질을 사용하거나, 위험을 완화하기 위해 대체조치를 하여야 한다.
- (3) <그림 3>에 표시된 곡선은 최대 200 °C의 온도와 압력은 최대 21 MPa로 제한된다.
- (4) 비충돌 속도곡선의 방정식은 다음과 같이 정의된다.

가) 만약 0.3 MPa, abs < P < 1.5 MPa, abs일 경우 $V \text{ (m/s)} = 60 \text{ m/s}$

나) 만약 1.5 MPa, abs < P < 10 MPa, abs일 경우 $P \cdot V = 80 \text{ MPa, abs} \cdot \text{m/s}$

다) 만약 10 MPa, abs < P < 20 MPa, abs일 경우 $V \text{ (m/s)} = 8 \text{ m/s}$

4.5 비금속 재질 선정

4.5.1 비금속 재질의 특성 및 위험성

- (1) 대부분의 비금속은 금속보다 산소와 반응이 잘 일어나지 않는다.
- (2) 비금속은 마찰을 줄이고, 가스 누출을 최소화하기 위해 주로 개스킷, 밸브 시트, 나사산 윤활제, 나사산 썰, 밸브 패킹 및 유사한 용도에 사용된다.
- (3) 압력이 낮고, 순도가 23.5 %보다 높은 경우에도 많은 비금속은 산소에서 가연성이 있다.

- (4) 점화 및 화재 확산에 영향을 미치는 주요 요인은 압력, 온도 및 산소농도이다.
- (5) 오염된 비금속 재질은 점화에 영향을 줄 수 있다.
- (6) 산소 지수(OI)는 테스트 샘플을 연소시킬 수 있는 산소-질소 가스 혼합물의 최소 산소농도로 산소 지수가 높은 것을 사용하는 것이 좋다.
- (7) 일반적으로 비금속 재질의 산소 지수는 압력이 증가할수록 감소한다.
- (8) 비금속 재질은 금속재질의 가연물로 작용하는 촉진제로 사용되는 경우도 있다. 따라서 비금속 재질의 연소열은 중요한 매개변수가 될 수 있어 연소열은 2,500 cal/g 미만이 이어야 한다.
- (9) 비금속 재질과 산소와 반응을 평가하기 위해 고려해야 하는 중요한 변수는 자동점화온도(AIT)이다.
- (10) 비금속 재질의 점화는 사용하는 설비나 공정(예 : 가스화 공정, 열교환기 등)에 따라 특정 운전조건 또는 특정 장비 내에서 마찰에 의한 가열 등으로 자동점화온도를 초과할 수 있다.
- (11) 실제로 최소 자동점화온도는 ASTM G72에서 규정한 절차에 따라 최소시험압력 103 bar, abs, 최소 300 °C에서 시험하고, 운전온도와 자동점화온도(AIT)는 100 °C 이상 여유를 주는 것이 일반적이지만, 50 °C 이하의 여유를 줄 경우에는 별도의 평가를 실시하여야 한다.
- (12) 비금속 재질은 서서히 산화되고, 노화되면서 재질의 특성이 변화(화재발생)될 수 있다. 특히 예비품을 선정할 때 산소와 반응성 여부, 즉 화재발생 여부를 확인하는 것은 필수적이다.
- (13) 비금속 재질의 점화에너지는 다음과 같다.
 - (가) 산소의 단열압축
 - (나) 진동, 공진 또는 흐름 마찰로 인한 연성 소재 자체의 내부 변형
 - (다) 변형후 기계적 충돌, 마찰 또는 파열
 - (라) 정전기 방전불꽃
 - (마) 점화촉진(입자 또는 기타 에너지원 연소 등)
- (14) 점화 확률 평가와 반응 효과 평가가 결합되면 설계자는 재질의 설계와 선택을 최

적화할 수 있다. 이 절차의 예는 ASTM G63을 참조한다.

4.5.2 설계관행 및 재질 선택

- (1) 비금속이 포함된 배관설비를 설계할 때는 다음 관행을 따르는 것이 바람직하다.
 - (가) 산소설비 사용되는 비금속 양을 최소화한다.
 - (나) 연소열이 낮고 자동점화온도(AIT)가 높은 비금속 재질을 선정한다.(4.5.1 참조)
 - (다) 방열판 역할을 할 수있는 높은 열 전도성을 가진 적절한 질량의 내화성 금속에 비금속 부품을 내장하여 설계 시 열 분산을 고려한다.
 - (라) 비금속은 유체 흐름에 직접 접촉되지 않도록 한다.
 - (마) 구성 부품의 과도한 움직임은 방지한다.
 - (바) 운전조건에서 비금속 재질의 물리적, 화학적 안정성이 확보되어야 한다.
 - (사) 비금속 부품들은 절연 접합부를 제외한 내부 부품 간의 전기적 연속성을 유지하여야 한다.
- (2) 이러한 설계 방법 외에도 특수 세척용제를 사용하는 경우 세척 절차와 방법에 특별히 주의해야 한다. 특히 세척용제와 비금속 재질이 반응하거나, 용해시키는지를 점검하여 오염된 용제에 의해 비금속 부품 또는 장비 품목이 오염되지 않도록 하는 것이 중요하다. 모든 잔류물질은 반드시 제거하여야 한다.
- (3) 비금속 재질을 사용하는 부품을 설계, 설치하는 구체적인 정보는 해당 표준을 참조한다.
- (4) 특히 산소감압기와 같이 단열압축에 노출된 부품들과 작은 부품들은 시험절차가 적절한지를 확인하여야 한다.
- (5) 산소설비에 사용할 수 있는 비금속 재질은 다음을 참조하여 제조자와 사용가능한 온도, 압력 및 산소의 순도 등을 협의하여 결정하여야 한다.
 - (가) 불소수지(Fluorinated polymers : Polytetrafluoroethylene(PTFE), 불소 에틸렌 프로필렌수지(Fluorinated ethylene-propylene(FEP), polychlorotrifluoroethylene (PCTFE)
 - (나) Fluoroelastomers

(다) Amorphous polymers : Polyimides

(라) 완전히 산화된 세라믹과 유리는 불에 잘 타지 않지만 부서지기 쉬워 일반적으로 복합 제품으로 바인더와 함께 사용

(마) 경고 1 : 불소 폴리머는 연소 시 유독가스를 방출할 수 있다.

(바) 경고 2 : 비금속 부품은 변경될 수 있어 사용자는 산소설비에 사용하기 전에 반드시 비금속 재질이 적합한지를 확인하여야 한다.

4.6 배관 및 배관설비

4.6.1 지하배관

- (1) 지하배관은 KOSHA GUIDE P - 158 - 2017 “장거리 이송배관 안전관리에 관한 기술지침”, API 1104 “Welding of Pipelines and Related Facilities” 또는 기타 공인 코드와 같은 사양 및 검사 코드에 따라 용접 시공되어야 한다.
- (2) 지하 배관은 부식 방지를 위해 관련 법률에 따라 외부 코팅을 하여야 한다.
- (3) 지하 산소 배관 및 배관은 특히 배관재질에 점화될 수 있는 낙뢰 또는 접지 고장 조건에 의한 손상에 취약하다.
- (4) 음극방식 문제를 방지하기 위해 지하 산소배관과 지상 배관 또는 기타 금속 구조물 사이는 KOSHA GUIDE D - 51 - 2020, “지하-지상 배관 연결부의 절연 플랜지 설치에 관한 기술지침”에 따라 전기적 연속성을 피해야 한다.
- (5) 누출 가능성이 높은 플랜지 연결 부위는 지하에 매립하거나, 피트에 설치하지 않는 것을 권장한다.

4.6.2 지상배관

- (1) 지상 산소배관 및 설비는 다른 지상배관 설비에 적용되는 적절한 기계적 설계 관행을 따라야 한다.
- (2) 지상 탄소강 배관 및 배관설비는 대기 부식을 방지하기 위해 도장하여야 한다.
- (3) 지상 배관설비의 지상 부분은 음극방식설비를 격리하기 위해 KOSHA GUIDE D - 51 - 2020, “지하-지상 배관 연결부의 절연 플랜지 설치에 관한 기술지침” 전기 절연 접합부를 통해 매립 부분에 연결되어야 한다.

- (4) 모든 지상 배관 및 배관설비는 절연 조인트를 제외하고 모든 연결부에 걸쳐 전기 통전성을 가져야 하며, 번개와 정전기의 영향을 방지하기 위해 적절한 간격으로 접지되어야 한다.
- (5) 낙뢰 보호를 위해 설치된 지상 배관 및 배관설비의 접지 측 전기 저항이 10 Ω 이하이어야 한다.
- (6) 플랜지 연결부위는 KOSHA GUIDE E - 38 - 2012, “접지선과 접속방법에 관한 기술지침”에 따라 등전위 접지를 하여야 한다. 하지만 플랜지 볼트는 볼트가 전기 재질 또는 페인트로 코팅되어 있지 않고 녹을 방지하기 위해 잘 유지되는 경우 접지를 생략할 수 있다.
- (7) 절연 플랜지를 사용하지 않는 지상 배관이 짧은 경우, 배관은 절연 패드 등을 사용하여 지지 구조물로부터 절연되어야 한다.
- (8) 산소배관은 산소와 접촉하여 위험상황을 초래할 우려가 있는 위험물질을 이송하는 배관과 안전거리를 유지하여야 한다.
- (9) 다중 배관이 지나는 파이프 랙에 산소배관을 설치하는 경우, 가능한 이격거리를 멀리하고, 산소배관의 기계적 연결부위에서 동시에 누출 또는 고장이 발생할 수 있는 경우를 대비하여 위험한 혼합물이 발생할 수 있는 다른 유체 배관의 기계적 연결부와 근처에 배치하는 것을 금지한다.
- (10) 산소배관의 기계적 연결부위 근처의 다른 배관은 화재로부터 보호하여야 한다.
- (11) 산소배관은 고온 가스 또는 증기 통풍구의 외부 충돌, 외부 진동체, 배관 위로 오일 누출 등의 고장이나, 위험한 상황을 초래할 수 있는 외부 힘에 불필요하게 노출되어서는 안 된다.

4.6.3 배관 표시 등

- (1) 지상 배관은 KOSHA GUIDE G-4 - 2011, “배관내 이송물질 표시에 관한 안전가이드”를 참조하여 관련 법규, 규정 또는 기업 표준에 따라 색상 코드 및/또는 식별되어야 한다.
- (2) 지하배관은 매설된 배관의 수직상부 지상 근처에 표지로 확인될 수 있도록 해야 하며 표지는 배관의 경로를 나타낼 수 있도록 일정한 간격과 방향이 변경되는 곳에 설치해야 한다.
- (3) 배관 외부와 토양 사이에 발생하는 갈바닉 현상에 의한 부식은 기계적 손상을 제외하고, 가장 빈번하게 배관에서 누출을 발생시키는 원인이 될 수 있다.
- (4) 지하이송배관은 부식을 방지하기 위해서는 KOSHA GUIDE M - 116 - 2012, “기기 및 배관의 부식관리 기술지침” 등에 따라 부식관리를 하여야 한다.
- (5) 지상배관 및 지하배관은 관련법 등에서 규정한 사항은 준수하여야 한다.

5. 배관, 밸브 및 부속설비 등

5.1 일반사항

이 절은 제4절에 제시된 설계 원칙을 배관, 밸브 및 부속설비(이하 배관이라 한다.)에 실제로 적용할 수 있는 방법을 설명한다.

5.5.1 재질선정 기준

- (1) 배관, 밸브 및 장비에 대한 재질 선택은 4.1, 4.2, 4.3 및 4.4에 기초해야 한다.
- (2) 이물질 등에 의한 충돌이 일어날 수 있는 배관에서 재질선정은 4.4.2에서 설명한 <그림 2>의 충돌 속도 곡선에 기초해야 한다.
- (3) 충돌이 일어날 수 없는 배관에서 재질선정은 탄소강과 스테인리스강의 속도는 증가할 수 있지만 <그림 2> 비충돌 속도 곡선에 의해 제한되어야 한다.
- (4) 다음은 5.2에서 5.5까지 충돌이 일어날 수 있는 배관이나 충돌이 일어나 수 없는 배관설비의 구체적인 배관재질 선정방법을 제시한다.

5.2 배관 및 부속품

5.2.1 충돌이 일어날 수 있는 배관

- (1) 유체흐름이 갑자기 방향을 바꾸거나, 소용돌이가 있으면 배관 벽면에 입자가 벽에 충돌할 때 일어난다.
- (2) 충돌이 일어날 수 있는 곳은 다음과 같지만 이에 국한되지 않는다.
 - (가) 맞대기 용접과 소켓용접 티와 소켓 용접 엘보우(Elbow)
 - (나) 분기관, Weldolets, sockolets, and threadolets 등으로 연결관 분기관
 - (다) 다공성 산소 환산기(Multi-hole diffuser) 및 그와 관련된 설비
 - (라) 곡률반경이 짧은 엘보우(Elbow)s (Radius of curvature less than 1.5 diameter)
 - (마) Socket-weld and threaded reducers

(바) 확관비가 3 : 1 이상이면서 좁아지는 Eccentric and concentric reducers

(사) 20° 이상 굴곡진 새우등 곡관(Mitred elbows)

(아) 감압밸브의 출구에서 직경의 8배까지

(자) 기타 밸브는 5.3, 스트레이너 등은 5.4를 참조

5.2.2 충돌이 일어나지 않는 배관

(1) 충돌이 일어날 수 없는 곳은 다음과 같지만 이에 국한되지 않는다.

(가) 직선 배관

(나) 곡률 반경이 큰 맞대기 용접 티(Tee)

(다) 곡률반경이 큰 엘보우(Elbow)(직경의 1.5배 이상인 반경)

(라) 내부 표면이 매끄러운 6개 이상의 단관(5 개소 이상 용접)으로 제작된 90 ° 새우등 곡관

(마) 내부 표면이 매끄러운 3개 이상의 단관(2 개소 이상 용접)으로 제작된 45 ° 새우등 곡관

(바) 최대 3 : 1로 감소하는 reducers

5.2.3 특정 배관 위치

(1) 우회 배관(Bypass piping)

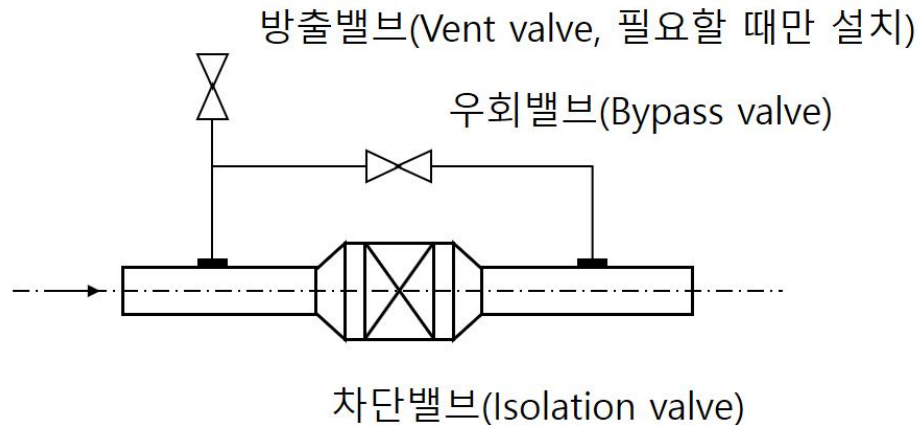
(가) 우회밸브의 입구와 출구<그림 3> 배관 재질은 가압할 때 빠른 유속과 난류 흐름에 노출되기 때문에 특별히 고려되어야 한다.

(나) 우회 배관의 앞쪽은 충돌이 일어날 수 없는 배관으로 간주한다. 하지만 양방향으로 흐르는 경우에는 충돌이 일어날 수 있는 배관으로 간주되어야 한다.

(다) 따라서 양방향 흐름이 가능한 경우 우회밸브의 하류 및 전체 우회 배관에 대해 면제재질이 권장된다.

(2) 배관 방출(Piping upstream of vents and bleeds)

(가) 방출 및 블리딩 밸브(bleeding valve)의 업스트림 지점 배관과 모든 배관설비의 블리딩 밸브(bleeding valve)(즉, 격리 밸브 사이)는 우회 배관으로 설계되어야 한다.



<그림 3> 우회 배관 설치사례

(3) 안전밸브 입구배관

(가) 안전밸브입구 배관재질선정은 안전밸브 설정압력에서 최대유량을 적용한다.

(4) 대기 방출밸브와 안전밸브의 방출배관

(가) 방출배관의 재질선정은 충돌 속도 곡선에 기초해야 한다.

(나) 방출배관은 대기 중에 노출되고, 일교차에 의한 결로가 일어나기 때문에 일반 적으로 내식성 재질을 사용한다.

(다) 대기로 방출하는 배관은 방출배관의 출구에서 난류가 일어나지 않도록 제어된 단면 탄소강을 사용할 수 있다. 그러나 면제재질은 모두 내식성과 내연성이 있어야 한다.

(라) 안전밸브의 방출구는 옥외 안전한 곳에 위치하여야 한다.

(마) 방출구 주위의 산소농도가 높아 위험을 최소화하기 위해 환기구의 위치, 높이, 방향, 적절한 간격 등을 고려해야 한다.

(5) 감압되는 설비의 배관(Piping downstream of pressure letdown sites)

(가) 감압조절 수동밸브, 공정제어 밸브(5.3.2 (3)항 참조) 또는 제한 오리피스와 같은 감압장치의 출구배관은 유속이 빠르고, 높은 난류가 흐른다.

(나) 출구배관의 벽은 배관 직경의 8배가 되는 곳까지를 충돌이 일어날 수 있는 것을 고려하여 면제재질로 설치하여야 한다.

(다) 하지만 입자 충돌 또 충돌에너지를 다음과 같이 줄일 수 있다면 면제재질을 사용하지 않을 수 있다.

- ① 만약 150 μm 이하의 체(스크린, screen)를 감압설비 전단에 설치하여 충돌가능성을 현저하게 감소시킬 수 있는 경우
- ② 다공성 산소 환산기(Multi-hole diffuser)에서 압력 강하가 발생하는 경우 환산기 출구는 고속 난류제트가 없는 것으로 간주할 수 있다.
- ③ 작업자가 접근할 수 없도록 하거나, 노출되지 않도록 차폐가 된 경우

(6) 개스킷

(가) 개스킷과 배관의 내경이 일치하도록 하여 입자가 충돌할 수 있는 공간을 최소화 해야 한다.

(나) 가스킷 내경은 배관의 반경과 같고, 돌출되지 않도록 설치하여야 한다.

(다) 산소배관에 사용하는 가스킷은 깨끗하게 제조되어야 하고, 탄화수소계 접착제, 윤활제 등을 사용할 수 없다.

(라) 산소와 반응할 수 있는 탄화수소 등의 물질로 세척하면 개스킷에 세척액이 침투될 수 있어 사용할 수 없다.

(마) 산소 사용자는 나사산 실란트 재질이 최대 서비스 압력 및 온도에서 산소 공급과 호환되는지 확인해야 한다.

(바) 나선형 개스킷(Spiral wound gaskets)은 권선이 변형되지 않도록 배관의 내경과 같은 내부 링(Inner rings)이 있어야 한다.

(사) 개스킷 실란트(Gasket sealant)는 유체가 흐를 때 난류가 발생할 수 있어 권장되지 않지만, 실란트가 필요한 경우에는 4.5의 규정을 만족시켜야 한다.

(아) 기타 자세한 사항은 ASTM G63은 비금속 선택에 대한 지침을 참조한다.

(7) 나사산 실란트(Thread sealants)

(가) 나사산 실란트 재질이 최대 서비스 압력 및 온도에서 산소공급과 호환되는지 확인해야 한다.

(나) PTFE 테이프는 산소취급설비와 호환성을 보장하기 위해 청결도를 포함한 사

양에 따라 사용할 수 있다(4.5 참조).

- (다) 연결부 밖으로 돌출되지 않도록 최소량의 나사산 실란트를 도포하여야 한다.
- (라) 나사산 실란트의 개방된 용기의 오염을 방지하기 위한 규정이 마련되어야 한다.
- (마) 기타 자세한 사항은 ASTM G63은 비금속 선택에 대한 지침을 참조한다.

(8) 먼지 트랩(Dust traps) and 관 말단(Dead ends)

- (가) 쇳가루(Bulk metal)의 발화 위험은 입자 질량에 따라 증가함으로 먼지 트랩이나 정체공간은 쇳가루 입자가 쌓이지 않도록 하는 것이 중요하다.
- (나) 모든 배관설비에서 쇳가루 입자가 축적될 수 있는 정체 공간이 있는지를 확인하고, 설계 및 안전운전절차를 작성하여 지속적으로 관리하여야 한다.
- (다) 특히, 연결부가 주배관의 상단 또는 최소한 수평으로 동일한 레벨에 있어야 하는 우회 배관, 방출구 또는 퍼지 라인과 같은 예비 설비의 배관을 포함하여 정체 구간에 입자가 쌓이지 않도록 관리하여야 한다.
- (라) 먼지 트랩(Dust traps)과 정체 구간은 설치하거나 형성되지 않도록 하여야 한다.
- (마) 먼지 트랩(Dust traps)을 예를 들면 매니폴드, 확대된 직경 티, 개스킷 등은 플랜지 내경을 따라 세척되지 않을 수 있고, 주배관 아래쪽으로 설치한 예비 배관 설비 및 기타 유속이 감소하는 구간에서는 입자가 떨어져 쌓일 수 있다.

(9) Fire stops

- (가) Fire stops은 구리 또는 니켈합금으로 만든 짧은 강관으로 제작된 배관 이송설비나 분기관에 설치하여야 한다.

5.3 밸브 기능 및 특징

5.3.1 일반사항

- (1) 산소설비에 사용이 가능한 밸브는 관련 법규나 규정에 적합한 자격을 갖춘 공급업체로부터 조달되어야 한다.

- (2) 재질이나 기능은 정상 또는 비정상 운전조건에서도 원활하게 작동될 수 있는 것으로 설치하여야 한다.
- (3) 재질선정 요건은 밸브 고유의 설계, 기능 및 형식에 따라 유속, 잠재적인 충돌면과 관련이 있다.

5.3.2 밸브 기능

- (1) 다음과 같은 밸브의 기능에 대해서 규정한다.

(가) 차단밸브(Isolation valves)

(나) 조절밸브 및 공정제어밸브(Throttling or process control valves)

(다) 긴급차단밸브(Emergency shutoff valves)

(라) 우회밸브(Bypass valves)

(마) 방출밸브(Vent valves)

(바) 안전밸브(Pressure relief valves)

(사) 역지밸브(Check valves)

- (2) 차단밸브 위험성(Isolation valve risks)

(가) 시트 전체에 걸쳐 차압으로 개방되는 격리 밸브에는 두 가지 위험 요인이 있다.

① 개방 중 밸브를 통과하는 고속 및 난류

② 단열압축으로 인한 급격한 다운스트림의 압력 및 온도 상승

(나) 빠른 유속, 난류 및 급속 가압 위험은 개방되기 전에 격리 밸브의 압력을 균일하게 할 수 있는 우회 배관을 사용하면 방지할 수 있다.

(다) 우회밸브는 다음 (6)에 설명되어 있다.

(라) 차단밸브는 일반적으로 게이트, 볼, 플러그 또는 나비형 등이 있다.

(마) 차단 밸브는 완전히 닫히거나 완전히 개방된 위치에서 작동해야 하며 조절 모드에서 작동하면 안 된다.

(바) 이들 장치는 우회 배관 또는 특정 작동 절차를 사용하여 현저한 압력 차이 없이 작동해야 한다.

(사) 차단밸브 이후의 가압속도는 단열압축의 위험을 방지하기 위해 제어되어야 한다.

(아) 열거나 닫거나 하여 차압으로 작동하는 밸브는 조절 밸브 또는 공정제어 밸브로 간주하여 다음 (4)를 참조한다.

(자) 높은 압력으로 운전하는 차단밸브에서 누출될 경우 누출속도가 아주 빠르다는 것을 의미한다.

(3) 조절밸브 또는 공정제어 밸브(Throttling or process control valves)

(가) 조절 또는 공정제어 밸브는 유량 또는 압력을 제어하는 밸브로 압력제어, 유량제어, 바이패스 또는 안전밸브가 포함된다.

(나) 필요한 기능에 따라 압력조절밸브는 지속적으로 흐름을 조절하거나, 천천히 열리거나 닫히거나, 빠르게 열리거나 닫히도록 프로그래밍할 수 있다.

(다) 대부분의 경우 공정제어 밸브는 자동화되지만, 여기서는 수동조작 스톱 밸브 및 스프링 작동 조절기를 포함한다.

(라) 고정제어 밸브는 산소설비에서 가장 엄격한 서비스 등급에 해당된다.

(마) 이는 그 기능이 유량을 조절하거나 고속 및 난류 충돌 흐름과 관련된 높은 압력 차이로 작동하기 때문이다.

(바) 난류 및 충돌은 밸브의 트림과 본체에만 존재할 뿐 아니라 최소한 배관직경의 8배 이상의 하류 배관까지 영향을 주는 것으로 간주해야 한다. 또한 양방향 유량이 흐른다면 상류/하류 배관에 난류 및 충돌이 일어날 수 있다.

(사) 고정제어 밸브는 일반적으로 글로브, 변형된 볼, 편심 플러그 또는 버터플라이 등의 유형이 있다. 차단밸브의 정의를 충족하지 않는 밸브는 조절밸브로 간주해야 한다.

(4) 긴급차단밸브(Emergency shut-off valves)

(가) 비상차단밸브는 일반적으로 자동화되고, 완전히 개방된 위치에서 작동하다가 비상상황이 발생한 경우에만 닫힌다.

(나) 비상차단밸브는 높은 유량밸브이며, 일반적으로 게이트, 나이프 게이트, 버터플라이 또는 볼 타입 등이 있다.

(다) 정상작동 시 밸브는 비충돌 유량을 경험하지만, 닫힐 때 빠른 유속과 순간적인

난류가 발생할 수 있어 비상차단밸브는 조절밸브로 간주한다.

(5) 우회밸브(Bypass valves)

(가) 우회밸브는 일반적으로 수동 차단밸브를 조작하여 업스트림에서 바로 다운스트림으로 배관을 연결한다.

(나) 공정설계에 따라 우회밸브는 특정 공정제어 또는 비상차단밸브에 우회 배관이 필요할 수 있다.

(다) 차단밸브의 전후 압력을 동일하게 하여 차단밸브를 안전하게 열 수 있도록 우회밸브를 설치한다. 또한 우회밸브는 과도한 속도와 빠른 가압의 위험을 완화하기 위해 다운스트림 배관설비를 천천히 가압하는 데도 사용된다.

(라) 제어되고 느린 가압을 위하여 스톱 호름 제어식 밸브를 사용해야 한다.

(마) 우회밸브는 호름제어기능으로 인해 스톱 또는 고정제어 밸브로 분류되지만 일반적으로 수동으로 작동하는 밸브이다.

(바) 일반적으로 밸브 본체 전체에 걸쳐 충돌과 고속의 난류가 흐르는 글로브 밸브를 사용한다.

(사) 우회밸브는 유체가 양방향으로 흐르거나, 위험성 분석결과 우회 배관으로 판정되면 밸브와 주위 배관은 면제재질을 권장한다.

(아) 액체산소를 기화시켜 기체산소를 생산하는 설비는 4.3.1을 참조한다.

(자) 우회밸브는 다음 기준에 따라 설계·설치·운전 되어야 한다.

① 허용 시간 내에 균일한 압력으로 달성할 수 있는 크기

② 우회 배관에 이물질이 쌓이는 것을 최소화시킬 수 있도록 <그림 3>을 참조하여 주관의 상부에 설치하여야 한다.

(차) 우회 배관은 주배관의 연결부위가 돌출되지 않도록 설치하여 유체에 포함된 이물질과 충돌하는 것을 방지하여야 한다.

(6) 방출밸브(Vent valves)

(가) 방출밸브는 빠른 유속과 이물질의 충돌이 발생하여 조절밸브로 간주한다.

(나) 방출밸브의 재질선정은 5.2.3 (2)와 (4)를 참조한다.

5.3.3 밸브 특징

- (1) 밸브를 통과하는 유속은 글로브 밸브나 감압밸브의 경우 유체가 흐르는 단면적의 변화에 따라 달라진다.
- (2) 정상적으로 완전히 개방되는 볼, 플러그, 나비 및 게이트 타입과 같은 차단밸브의 경우, 속도는 크게 변하지 않으며 본체와 트림을 위한 재질 선택은 밸브 입구의 속도에 기초할 수 있다.
- (3) 볼밸브와 플러그 밸브(Ball and plug valves)
 - (가) 볼밸브와 플러그 밸브는 본질적으로 90°를 회전시켜 빠르게 열고, 닫을 수 있다.
 - (나) 밸브에 사용하는 고무나 플라스틱 재질은 단열압축에 의한 문제가 발생할 수 있다. 또한 볼은 일반적으로 닫히거나 열릴 때 흐름 경로에 날카로운 모서리가 있어 주의하여야 한다.
 - (다) 볼이나 플러그가 완전히 열리면 유체 흐름이 매끄러워 본체 및 트림은 비충돌 유체로 간주된다.
 - (라) 볼밸브와 플러그 밸브는 서서히 작동될 수 있도록 기어식 조작핸들을 설치한다.
- (4) 버터플라이 밸브(Butterfly valves)
 - (가) 나비형 밸브는 개방 시 밸브 디스크가 유체 내에 있는 상태로 작동한다. 밸브와 디스크 사이에 엘라스토머 씰 또는 금속 대 금속 시트를 사용하여 누설을 방지한다.
 - (나) 나비 밸브가 활짝 열리면 흐름이 매끄러워지고 차체는 충돌하지 않는 부위로 간주될 수 있으나, 그렇지 않으면 충돌면으로 간주된다.
 - (다) 버터플라이 밸브는 서서히 열도록 기어식 조작핸들을 설치한다.
- (5) 게이트 밸브
 - (가) 게이트 밸브가 완전히 열리면 밸브를 통과하는 흐름이 매끄러운 것으로 간주되고 본체는 충돌하지 않는 부위로 간주될 수 있으나, 그렇지 않으면 충돌면으로 간주된다.

(나) 게이트와 본체 시트 사이, 게이트와 백 시트(back seat) 사이, 회전하는 스템과 게이트 사이 스템 나사산과 가이드 사이 등의 게이트 밸브의 움직이는 부분에서는 잠재적으로 마찰표면이 존재한다.

(다) 만약 게이트 밸브가 닫힌상태에서 우회밸브를 열어 압력을 밸브 전후의 압력과 동일하게 경우도 일부 게이트 밸브는 밸브 본넷(bonnet)의 압력이 낮게 유지될 수 있다. 이 경우 초기 개방 시 본넷 부위가 단열압축이 일어날 수 있다.

(라) 일부 게이트밸브는 밸브 시트를 용접이나 나사로 고정하는 경우에는 조립후 나사 부위를 청소하기 어려울 수가 있다.

(마) 게이트 밸브가 열리면 밸브 시트 자리에 금속 부스러기와 같은 이물질이 끼이게 할 수 있다.

(6) 글로브 밸브

(가) 글로브 밸브는 일반적으로 제어 용도로 되며 일반적으로 자동으로 운전된다.

(나) 글로브 밸브는 유로가 구부러져서 많은 충돌면을 가지고 있다.

(다) 트림설계는 제조업체마다 달라질 수 있지만 누설방지와 시트 손상방지를 위하여 얇은 탄성체나 플라스틱이 장착되어 있을 수 있다. 경우에 따라서는 케이지 트림(Cage trims)이 사용되는데 이 트림이 금속같이 이물질이 끼이고, 전단기 역할을 할 수 있다.

(라) 밸브 본체와 트림을 조절하는 특성을 갖는 글로브 밸브는 충돌면으로 간주하고, 면제재질을 사용하여야 한다.

(7) 안전밸브

(가) 안전밸브는 본질적으로 유체가 고속으로 흐른다.

(나) 안전밸브 본체와 출구 배관은 충돌이 있다.

(다) 밸브와 트림의 크기는 입구측의 유속을 낮게 유지하기 위하여 선정한다.

(라) 밸브 본체와 트림은 충돌면에 해당되어 특별하게 다른 경감대책을 수립하지 않으면 시트와 트림은 면제재질을 사용해야 한다.

(마) 안전밸브는 국내 관련 법령 등에 따라 제조, 설치 및 유지보수가 되어야 한다.

(8) 체크 밸브

- (가) 체크밸브는 구조적으로 항상 유체가 흐르고, 빠른 유속과 충돌면을 가지고 있다.
- (나) 그러므로 체크밸브의 디스크, 트림, 플레이트, 피스톤, 스프링 등은 면제재질을 사용해야 한다.
- (다) 밸브의 유형에 따라 체크밸브의 동체가 충돌지점으로 간주될 수 있고, 그렇지 않을 수도 있다.
- (라) 트림 설계는 특정 공급업체에 따라 다르지만, 누출 및 시트 손상을 최소화하기 위해 상대적으로 얇은 섹션으로 엘라스토머/폴리머 인서트가 장착되어 있을 수 있습니다.
- (마) 체크 밸브 부품은 서로 충돌하게 설계되어 잠재적인 점화원과 입자 생성의 원인을 제공할 수 있다.
- (바) 특별한 완화조치를 하지 않으면 유체가 흐르는 곳에서 움직이거나 충돌요인 있는 부품은 부록 2에 표시된 두께 이상인지를 확인하여야 한다.
- (사) 왕복식 압축기의 다운 스트림에 사용되는 플레이트 체크 밸브는 맥동흐름이 있어 위험성평가를 실시하여야 한다.
- (아) 체크 밸브는 떨림을 적게 설계하고, 떨림이 최소화 되도록 설치하여야 한다.

5.3.4 Valve seals and packing

- (1) 산소를 취급하는 설비에서 사용하는 씰이나 패킹 구매자는 설계조건에서 적합한 재질 선정 지침에 따라 제조자에게 확인하여야 한다.
- (2) 비금속 재질의 씰과 패킹의 호환성에 대한 정보는 ASTM G63에서 확인할 수 있다.

5.3.5 기타 가능한 밸브 점화원

- (1) 금속 구성요소 간 마찰로 인한 국소 가열
- (2) 서로 다른 전위차에서 두 금속 부품에서 비금속 절연물질로 분리된 아크방전
- (3) 탄성체나 플라스틱의 진동으로 탄성체나 플라스틱의 온도가 국부적으로 상승하고, 유체의 마찰에 의해 점화되고 연쇄반응

- (4) 예를 들어 밸브조작 기어박스나 핸들 휠에서 사용하는 산소와 부적합한 그리스나 윤활유 등을 사용할 경우 오일이나 그리스 등이 산소취급설비로 이동하는 것을 방지하거나 적절한 안전거리를 유지하여야 한다.

5.4 배관 부속설비

5.4.1 일반사항

- (1) 산소 취급설비에서 필터, 스트레이너, 오리피스 플레이트, 벤투리 유량계, 열전대 관, 소음기 및 플렉시블(Flexible) 연결부 등이 해당된다.
- (2) 배관에 설치된 대부분의 설비는 충돌을 일으킬 수 있어 설비별로 다음 사항을 준수하여야 한다.

5.4.2 원뿔형 스트레이너(Conical strainers)

- (1) 산소취급설비에서 원뿔형 스트레이너는 일반적으로 스크린 메쉬(mesh)를 원뿔형으로 설치하여야 한다.
- (2) 스트레이너는 스크린 메쉬의 원뿔 끝이 하류 쪽으로 향하도록 설치하여야 한다.
- (3) 스트레이너 성능은 150 μ m 이상의 이물질을 제거시킬 수 있어야 한다.
- (4) 스트레이너의 메쉬는 직접적으로 이물질과 충돌할 수 있고, 이물질과 파편이 쌓여 있어 고위험 영역에 해당된다.
- (5) 와이어 메쉬(Wire mesh)는 표면비와 부피비가 얇은 소재로 제작되어 산소설비에 사용하기에는 화재가 발생할 수 있다.
- (6) 와이어 메쉬(Wire mesh) 지지대 재질은 니켈, 청동 또는 모넬과 같은 내화성 재질이어야 하고, 스테인리스강 재질은 내화성이 낮아 사용할 수 없다.
- (7) 천공된 지지대는 <그림 1>와 부록 2에서 표시된 충돌 속도 곡선을 이용하여 재질 선정과 충돌면 두께를 선정하여야 한다.
- (8) 원뿔형 스트레이너 좌굴 압력
- (가) 원뿔형 와이어 메쉬(Wire mesh)는 안전밸브 설정압력에서 좌굴되거나 붕괴되지 않도록 설계되어야 한다.

(나) 차압경보장치를 설치하여 차압이 좌굴 압력 미만에서 작업자에게 경보하여 적절한 조치를 하도록 하여 원뿔 메쉬의 파손을 방지하고, 이물질과 파편통과를 방지하여 잠재적인 화재의 위험을 방지하여야 한다.

(9) 원뿔형 스트레이너 설계

(가) 원뿔형 스트레이너는 역류 가능성이 없도록 설계되어야 한다.

(나) 기타 자세한 배관과 밸브의 요구사항은 5.4.4 필터를 참조한다.

5.4.3 Y형 스트레이너(Y-type strainers)

(1) Y형 스트레이너 본체는 충돌면과 정체구간에 해당되고, 오염물질이 점화되어 주위 구성품을 점화시킬 수 있는 것으로 간주된다.

(2) Y형 스트레이너 사용은 오염의 가능성이 낮은 곳에 제한적으로 사용하여야 한다.

(3) 본체는 면제재질을 사용하여야 하고, 탄소강은 사용을 금지하여야 한다.

(4) 와이어 메쉬(Wire mesh)와 스크린은 5.4.2의 원뿔형 스트레이너의 지침을 준수하여야 한다.

5.4.4 Y형 스트레이너 본체에 있는 블로우다운 밸브(Blowdown valves)는 산소공급을 금지하여야 한다. 블로우다운 밸브에 산소를 공급하면 청소하기는 쉬우나, 너무 빠른 시간에 쉽게 열릴 수 있고, 국부적으로 빠른 유속에서 산소농도가 높아 위험할 수 있다.

5.4.5 필터(Filter)

(1) 필터에 여과된 이물질이 쌓이면 필터 엘리먼트를 가스로 청소하여야 한다.

(2) 필터 위험성(Filter risks)

(가) 필터 엘리먼트는 이물질이 쌓여 위험도가 높은 충돌면이 있다.

(나) 엘리먼트는 표면적 대 부피비가 높아 사용하는 재질에 따라 쉽게 점화될 수 있어 재질선정에 주의하여야 한다.

(다) 필터는 역류 가능성이 없도록 설계되어야 한다.

(3) 필터 엘리먼트 재질

(가) 일반적으로 다음과 같은 재질을 사용한다.

(나) 유리섬유 또는 유기접착제가 없는 유리섬유의 직물

(다) 니켈 직물이나 소결 니켈

(라) 황동, 청동, 구리 또는 모넬 400

(4) 유리섬유 필터 엘리먼트필터

(가) 엘리먼트가 유리섬유와 같은 비금속 산소 호환성 재질로 설치된 경우 매체에 정전하가 누적되지 않도록 구리선을 사용하여 접지되게 조립해야 한다.

(나) 제조할 때 사용한 윤활제나 기타 물질을 제거하기 위하여 철저한 세척을 하여야 한다.

(5) 필터 좌굴 압력(Filter buckling pressure)

(가) 필터 엘리먼트에 차압이 너무 크게 걸리면 좌굴에 의해 파손되면서 화재의 위험성이 있다.

(나) 필터 엘리먼트가 완전히 막혔을 때 최대 차압에서 견딜 수 있도록 하거나, 차압 정보장치를 설치하여 경고하여야 한다.

(6) 필터 하우징(Filter housing)의 재질선정은 충돌이 있는 경우와 충돌이 없는 경우를 구분하여 <그림 1>와 <그림 2>에 표시된 속도 곡선을 이용하여 결정한다.

(7) 필터에 대한 배관 및 밸브 요구사항

(가) 필터는 입구와 출구에 차단밸브를 설치하여 청소할 때 제거할 수 있도록 하여야 한다.

(나) 필터 세척을 위하여 제거할 수 없는 경우에서 복수의 필터를 병렬로 설치하여 각각의 필터 마다 차단밸브를 설치하여야 한다.

(다) 벤트 밸브는 각각의 필터마다 필터 출구 쪽에 설치하여야 한다.

(라) 필터는 매우 빠른 속도로 이물질들을 포집하므로 역류시키는 장치를 설치하는 것을 금지한다.

(마) 예를 들어 공정이 정지되었을 때 사용하는 바이패스 배관은 설계유량과 유속의 20 % 정도만 유지보수 기간 동안에 사용하는 경우 고려할 수 있다.

5.4.6 유량측정 장치

(1) 일반 요구사항

- (가) 유량측정장치는 옥외에 다른 설비나 배관과 격리하여 설치해야 한다.
- (나) 차단밸브와 우회밸브(Bypass valve)는 유량계로부터 상당히 멀리 떨어져 있어야 하고, 화재위험지역과 이격거리를 유지하거나 차단벽을 설치하여야 한다.
- (다) 재질선정은 <부록 2>에서 면제재질을 사용하거나 <그림 1> 표시된 충돌속도 곡선의 기준을 충족시키는 재질이어야 한다.
- (라) 여과장치는 탄소강 재질의 유량측정설비 전단에 설치하여야 한다.
- (마) 오리피스 유량계와 같은 정적인 유량계는 제조자의 요구사항을 충족시킬 수 있다면 동적인(움직이는 부품이 있는) 유량계보다 유리하다.
- (바) 동적인 유량계는 일반적으로 전단에 여과장치를 설치한다.

(2) 오리피스 플레이트(Orifice plates)

- (가) 오리피스 플레이트는 관의 단면적보다 작은 통과 구멍을 가진 얇은 판을 관의 중간에 설치하여, 유체가 그 판을 지날 때에 생기는 전후의 압력 차를 이용하여 유량을 측정하는 장치로, 단면적이 감소하여 유속이 빨라지고, 날카로운 부분(Sharp edges)은 충돌면에 해당하는 유량측정장치이다.
- (나) 면제재질은 <부록 2>에서 해당하는 재질을 사용하여야 한다.

(3) 동적인 유량계

- (가) 움직이는 부품이 있는 유량계의 설계와 선정은 산소설비의 압력, 온도 및 유량의 서비스 조건에 적합하여야 한다.
- (나) Rotary, turbine, angular momentum mass flow, positive displacement 유량계 등은 광범위한 유량측정범위와 정밀도가 높은 전형적인 동적인 유량계이다.
- (다) 동적인 유량계는 과도한 압력, 빠른 유속, 역류 및 적정유량 초과 가능성을 고려하여야 한다.
- (라) 동적인 유량계에서 특별하게 고려하여야 할 안전사항은 다음과 같다.

- ① 동적인 유량계를 설치하는 배관은 유량계에 전달되는 응력이 최소화되도록 설

계·설치하여야 한다.

- ② 인력에 의한 유지보수작업은 안전작업절차에 따라서 산소공급을 중단, 전후단의 밸브차단, 감압 등의 안전조치를 실시한 다음에 실시하여야 한다.
- ③ 윤활 - 일부 동적인 유량계에 윤활유가 필요한 경우에는 다음 5.5에서 규정한 산소설비에서 사용이 가능한 윤활유 중에서 선택하여야 한다.
- ④ 윤활유를 교환과 점검은 일정한 자격을 가진 작업자만이 수행해야 한다.
- ⑤ 원격 지시계 - 적산지시계, 원격 지시계는 유량계에 접근하지 않고 멀리 떨어진 안전한 곳에서 읽을 수 있도록 설계되어야 한다.
- ⑥ 과속방지 - Rotary piston 유량계와 같은 동적인 유량계는 허용 최대유량을 초과하면 과도한 변형의 위험이 있어 과속방지조치를 하여야 한다.

(마) 움직이는 부품이나 이물질의 접촉에 의해 발생하는 마찰은 걸림, 균열, 점화의 원인이 될 수 있다.

5.4.7 파열판(Bursting disks)

- (1) 예상치 못한 고장, 산소공급 차질 등으로 고농도의 다량의 산소가 대기 중으로 방출 위험이 있어 산소공급이나 분배하는 배관에 파열판을 설치할 때는 주의하여야 한다.
- (2) 부득이하게 사용하는 경우에는 면제재질은 사용하여야 한다.
- (3) 면제 두께보다 얇은 스테인리스와 니켈합금은 파열판 설계조건, 설정압력에서 파열, 파열될 때만 빠른 유속이 가능하여야 한다.
- (4) 파열조각이 발생하지 않는 파열판을 많이 선호한다.
- (5) 대기와 접촉으로 부식되어 변형하는 것을 방지하기 위하여 외부 표면에 PTFE, FEP 등을 얇게 코팅할 수 있다.

5.4.8 연결부 절연(Insulating joints)

- (1) 연결부 절연은 유전체에 의한 두 배관으로 구성된다.
- (2) 연결부 절연의 목적은 음극방식설비가 있는 배관과 없는 배관 사이를 영구적으로 전기적인 불연속성을 제공하여야 한다.
- (3) 이러한 전기적인 절연으로 연결부 절연은 줄효과(Joule effect)에 의한 가열로 인

해 절연재가 자연발화 위험이 있다.

- (4) 배관 내부에서 이물질로 인한 침적물이 두 개의 배관을 연결시켜 일정 이상의 전류가 흐르면 퇴적층이 가열되어 절연재가 점화되는 점화온도 이상이 될 수 있다.
- (5) 산소와 접촉하는 절연재는 적절한 기계적 특성과 절연 특성이 있어야 하고, 4.3의 규정을 만족시켜야 한다.
- (6) 표준 플랜지를 사용하는 절연 연결부는 다음과 같은 특징이 있다.
 - (가) 절연개스킷, 볼트와셔와 슬리브는 서비스 조건에서 산소배관에 적합한 재질이 어야 한다.
 - (나) 개스킷, 볼트와셔와 슬리브의 절연내력은 제조자의 사양과 사용자의 요구사항에 따라 달라질 수 있지만, 일반적으로 10 MV/m 정도이다.
 - (다) 절연 플랜지는 수직배관에 설치하여 플랜지 내부의 표면에 이물질과 습기가 누적되어 절연 개스킷을 가로지르는 브리징을 최소화 시켜야 한다. 이 때 수직으로부터 45°까지는 기울어지게 설치할 수 있다.
 - (라) 개스킷의 내부 직경은 배관의 직경과 같게 full-face type으로 설치하여야 한다.
 - (마) 브리징 효과와 간극을 가로지르는 아크의 가능성을 줄일 수 있도록 플랜지의 볼록한 면의 외경보다 개스킷 외경을 크게 설치하여야 한다.
 - (바) 절연 플랜지는 낙뢰에 의한 화재를 방지하기 위하여 고장전류보호장치(Fault current protection cell)을 설치하여야 한다.
 - (사) 음극부식방지설비는 가능하면 외부 전류를 제한하여야 한다.
 - (아) 절연 연결부는 스파크 또는 과도한 전압구배로 인한 접합부 틈새 또는 절연재로 서로 다른 금속 표면이 분리되는 기타 위치에서 국소가열을 방지할 수 있도록 적절한 서지보호장치를 설치하여야 한다.

5.4.9 Flexible connections

- (1) 산소배관설비에서 영구적인 Flexible connections, hoses, and expansion joints 사용은 두께가 얇고, 주름관에 이물질이 퇴적될 수 있어 사용하는 것을 권장하지 않는다.
- (2) 넓은 온도범위에서 사용하는 배관설비의 경우 배관의 온도팽창에 의한 변화는 팽

창 루프(Expansion loops)를 설치한다. 팽창 루프의 곡률경은 피그장치를 이용한 배관 내부 청소를 위한 청소용 피그장치(Cleaning pigs) 사용이 가능하도록 선정하여야 한다.

(3) 팽창 루프의 재질은 5.2에서 요구하는 조건을 만족시켜야 한다.

5.4.10 기타 설비

(1) 소음기(Noise reduction devices)

- ① 산소 방출구에 설치하는 소음기의 동체, 방해판 및 확산기는 금속이나 콘크리트 구조이어야 한다.
- ② 금속은 내식성이 있어야 하고, <그림 1>에서 면제 속도 곡선을 따라야 한다.
- ③ 소음기 조립체는 부품의 움직임이 없도록 설계되고 제작되어야 한다.
- ④ 흡음제를 사용하는 소음기의 재질은 불연성이 없어야 하고, 반드시 기름이나 그리스(Free of oil and grease)가 없어야 한다. 이러한 물질의 예를 들면 유리 섬유, 암면이 있다.
- ⑤ 스테인리스 울은 배관이나 방출구의 소음기의 흡음제로 사용을 금지한다.

(2) 기타 부속품

- ① 산소와 접촉하는 기타 부속품은 <그림 1>에서 면제 속도 곡선을 이용하여 선택한 재질을 사용하여야 한다.
- ② 비금속 재질은 4.3의 요구사항을 만족시켜야 한다.
- ③ 다음과 같은 부속품이 해당된다.
 - ㉠ 압력 센서 및 압력지시계
 - ㉡ 공압 제어장치
 - ㉢ 온도계 보호관(Thermowells)
 - ㉣ 계장 도압관 및 차단밸브.
- ④ 흐름이 없는 작은 직경의 계장튜브는 두께와 관계없이 스테인리스 튜브를 사용할 수 있으나, 밸브를 열어서 조절하는 계장밸브는 부록 2에서 열거된 면제 재질사용을 고려해야 한다.
- ⑤ 계장 도압관은 정체구간을 최소화시켜 이물질의 축적을 방지하여야 한다.
- ⑥ 부르동관 압력계와 같은 다이얼 계기는 부르동관이 파열되었을 때 산소를 외부로 안전하게 방출시킬 수 있도록 압력방출구나 파열판을 뒤쪽에 설치하여야

한다.

- ⑦ 유압류를 사용하는 감지기는 유압유가 산소와 직접 닿지 않도록 4.3과 4.5의 규정을 따라야 한다.
- ⑧ 산소 배관에 사용하는 압력 센서와 지시계는 산소용(예를 들면 산소, 오일 또는 그리스 없음, 기름사용 금지, OXYGEN, NO OIL OR GREASE)임을 표시하여야 한다.

5.4.11 방호설비(Protection systems)

- (1) 압력, 유량 및 온도 스위치 및 기타 장치를 포함한 방호설비의 설계 및 설치에 다음 요소를 고려해야 한다.
 - (가) 기기의 품질 및 신뢰성
 - (나) 고장 및 영향 모드(예: 전원 고장, 계기 공기 고장, 계기 회로 고장)
 - (다) 트립 및 알람, 알람기능을 사용하는 경우에는 운전자의 대응 능력
 - (라) 고장 고려사항과 공급 신뢰성 우려에 대한 고장 안전 요구사항 및 결과
 - (마) fail-safe 요구사항과 신뢰성을 고려한 고장 안전 요구사항 및 결과
- (2) 모든 방호설비는 IEC 61505, 61511에서 규정한 SIL을 적용하는 것이 권장된다.

5.4.12 열교환기

- (1) 3 mm 미만의 열교환기 튜브를 사용할 때는 미량의 수분이 탄소강을 부식시켜 파열적인 재앙이 될 수 있다는 것의 주의하여야 한다. 따라서 탄소강은 열교환기의 튜브로 사용하는 것을 권장하지 않는다.
- (2) 열교환기 튜브는 면제합금을 사용하는 것을 권장한다.
- (3) 스테인리스 튜브는 <그림 1>에서와 같이 산소 속도가 낮은 경우에는 사용할 수 있다. 이 지침은 외부 기화기 또는 브레이징 알루미늄 열교환기는 적용범위에서 제외되었음에 주의한다.
- (4) 산소압축기의 열교환기 재질은 EIGA Doc 10, 왕복산소 압축기의 재질은 EIGA Doc 27, 원심압축기의 재질은 EIGA Doc 10과 EIGA Doc 27을 참조한다,

5.5 윤활유

- (1) 모든 부품은 윤활유가 없이 작동되도록 설계되어야 한다.
- (2) 다만 윤활유는 조립품 운전, 부품이나 장치의 작동에 꼭 필요한 경우에는 ASTM G63에서 규정한 윤활유를 사용할 수 있다.
- (3) 윤활유는 윤활할 표면에 잘 접촉되고, 사용을 최소화시킬 수 있도록 엄격하게 관리되어야 한다.
- (4) 윤활유는 부품을 조립할 때 한번만 주입하고, 사용 중에 외부로 누출 흔적이 없어야 한다.
- (5) 산소취급설비에 사용하는 윤활유나 그리스는 일반적으로 산화실리콘 용액에 Halogenated chlorotrifluoroethylene(CTFE)을 혼합한 것이다.
- (6) 이러한 제품은 수분이 침투되면 심한 부식을 일으킬 수 있어 건조한 대기에서만 사용하여야 한다.
- (7) CTFE 윤활유는 알루미늄 표면과 반응할 위험이 있어 높은 토크와 전단력이 작용하는 알루미늄 합금에 사용하지 않아야 한다.
- (8) CTFE 윤활유는 일반적으로 탄화수소를 기반으로 하는 윤활특성이 우수하지 않아 산소와 호환성이 있는 윤활유를 선정할 때 주의하여야 한다.
- (9) 윤활유나 부품 고정제는 다음 조건을 만족하면 사용할 수 있다.
 - (가) 최대운전압력이 103 bar에서 자동점화온도가 400 ℃ 이상이거나, 운전압력이 120 Bar 보다 낮은 경우
 - (나) 윤활유는 최대운전압력보다 50 bar 이상의 압력에서 ASTM G74 방법으로 산소 내에서 공압충돌시험을 통과한 경우
- (10) 산소와 호환되는 윤활유는 탄화수소, 먼지, 기타 이물질에 의해서 조금이라도 오염되면 윤활유의 점화 저항력이 크게 감소할 수 있다는 것에 주의하여야 한다.
- (11) 감속기는 일반적으로 탄화수소계 윤활유를 사용하지만 누출된 산소가 일반 윤활유와 접촉되지 않도록 하거나 윤활유가 기체산소 쪽으로 흘러가지 않도록 설계되어야 한다. 만약 이와 같은 기능이 보장되지 않는다면 산소와 호환성이 있는 윤활유를 사용하여야 한다.

- (12) 감속기의 윤활유 이동평가는 게이트나 글로브 밸브의 스템이 이동하면서 설비 내부의 산소와 접촉하는 스템 부분은 밸브설계에서 특히 중요하다.
- (13) 운전중에 스템이 움직이면 밸브의 패킹을 통해서 탄화수소계 윤활유가 전달되어 외부 오염의 위험이 증가한다.
- (14) 플랜지에 설치하는 볼트와 같이 산소와 직접 접촉하지 않는 윤활유는 산소와 호환되어야 한다.

6. 세척, 제조 및 검사

6.1 일반 요구사항

6.1.1 세척 원칙

- (1) 배관설비의 세척은 설치 전에 모든 배관을 사전에 청소하고, 시공 중에 청결한 상태를 유지하거나 시공 후에 배관 및 배관설비를 완전히 세척하여야 한다. 또는 앞의 두 가지 방법을 조합하여 세척하기도 한다. 일반적으로 설치 전에 세척하는 것이 좋다.
- (2) 배관을 설치하고 최종적으로 세척하여 완벽한 세척 상태를 확인하는 것은 비실용적이며 불가능 하다.
- (3) 따라서 프로젝트가 진행되는 동안 시공 및 세척에 관한 절차를 자세하게 문서화시켜 반드시 준수토록 하여야 한다.
- (4) 배관설비의 설계는 세척, 설치 및 시험방법이 상호 호환성이 있어야 한다.
- (5) 재질준비와 시공단계까지 세척에서 청결상태 검사를 위한 서면양식이 있어야 한다.

6.1.2 세척기준(Standard of cleanliness)

- (1) 산소배관은 내부에 유기물, 무기물, 이물질이 허용기준에 부합하도록 제거되었을 때 배관설비는 산소 공급을 위해 깨끗한 것으로 간주된다.
- (2) 허용 기준에 대한 지침은 6.5.4를 참조한다.
- (3) 그리스, 오일, 스톱드 윤활제, 먼지, 물, 파일링, 저울, 용접 스패터, 페인트 또는 기

타 이물질 등의 오염물은 필수적으로 제거해야 한다.

6.1.3 세척방법

(1) 산소배관 세척은 다음 방법 중에서 하나 또는 둘 이상을 조합하여 실시하여야 한다.

- (가) 산이나 알칼리를 이용한 화학적 세척 또는 보호막 형성
- (나) 피그 세척(Pigging)
- (다) 기계적인 스크래핑(scraping)
- (라) 샌딩(Grit, sand, or shot blasting)
- (마) 드라이 아이스 브라스팅(Dry carbon dioxide ice blasting)
- (바) 고압 물세척
- (사) 용제 세척
- (아) 고압 세제 세척
- (자) 고온 세제 세척
- (차) 고속 가스 퍼지.

(2) 피그 세척(Pigging)은 일반적으로 배관 내부 청소에 사용된다.

(3) 사용 가능한 피그 세척(Pigging)은 다음과 같은 광범위한 범주에 해당된다.

- (가) 일반적으로 피그는 산소와 반응성이 없는 발포성형물이나 고무로 제조한다.
- (나) 따라서 발포성형물이나 고무를 사용한 피그장치는 이물질이나 파편으로 배관 벽이나 배관 내에 남아 있지 않도록 최대한 보장되는 것이 중요하다.
- (다) 남아 있는 이물질이나 파편의 제거는 고속의 가스 퍼지에 의해서 제거가 가능하여야 한다. (6.3.7, 6.3.8 참조)
- (라) 그러나 다양한 청소 단계에서 배관 내부 표면의 예상 조건에 맞는 피그장치를 올바르게 선택하여 사용하면 피그장치가 손상되고 배관설비의 오염될 가능성을 최소화하여야 한다.
- (마) 피그는 용제 등의 세척제와 호환성이 있어야 하고, 산소공급표준에 따라 세척하는 것이 중요하다.

(바) 피그장치를 사용하여 배관을 세척할 때는 피그가 통과할 수 있도록 설계단계에서 배관의 곡률반경을 고려하여야 한다.

(사) 모든 피그사용의 기록은 보존하여야 하고, 발사할 때마다 피그 수신장치에서 회수하여야 한다.

6.1.4 배관설비 및 배관 구성요소

- (1) 티(Tees), 밸브, 역지밸브(Check valves), insulation joints, regulators, meters, filters, and other fittings와 같은 배관 구성요소는 사전에 산소공급이 가능하도록 사전에 세척된 것을 구매하고, 세척이 완료된 다음에 설치하여야 한다.
- (2) 만약 산소공급에 적합하게 세척된 부품을 구매할 수 없다면 현장에서 규격에 맞게 세척할 수 있도록 준비하고, 세척하여야 한다.
- (3) 배관 부품의 육안검사는 설치하기 전에 요구하는 규격에 적합한지를 확인하여야 한다.
- (4) 분기배관과 평행배관은 세척을 위하여 별도의 설비로 취급하여야 하고, 세척이 완료된 후에 최종적으로 연결하여야 한다.

6.1.5 용접

- (1) 배관부품은 산소배관에 적합하고, 승인된 용접방법으로 용접하여야 한다.
- (2) 궁극적으로 내부 용접면이 매끄럽고, 용접비드, 슬래그, 금속조각이 없도록 내부 청결상태를 유지하는 것이 중요하다.

6.1.6 내압시험(Pressure testing)

- (1) 배관과 배관설비는 관련 법규, 규정 또는 사용자 표준에 따라 기압 또는 수압시험을 하여야 한다. 일반적으로 기압시험을 많이 선호한다.(6.3.3 참조)
- (2) 어떠한 시험방법을 선택하든 해당 배관설비에 적합하고, 추가적인 작업이 없도록 경제적인 방법으로 편리한 곳에서 압력시험을 실시하여야 한다.
- (3) 배관설비는 시공한 법규에서 요구하는 압력으로 공압 또는 수압시험을 거쳐야 한다.

6.1.7 배관 부품 설치

- (1) 모든 부품들은 사전에 세척된 것을 설치하여야 한다.
- (2) 비파괴시험은 관련 KOSHA GUIDE를 참조한다.

6.2 배관설비 재질 및 사양

6.2.1 일반적인 요구사항

- (1) 배관설비를 구매할 때는 사전에 배관세척 방법과 절차, 배관설비의 재질 및 사양 등을 사전에 제조자에게 공식적으로 전달되어야 한다.
- (2) 품질관리 자료는 완전하게 추적이 가능하고, 관련 자료를 구매자에게 제출하여야 한다.

6.2.2 관련 법규, 규격 및 표준

- (1) 일반적으로 제조공정, 재질, 등급 및 검사요건은 관련 법규, KS, ISO 3183, API Specification 5L 등의 규격을 준수하고, 구매자의 요구사항을 준수하여야 한다.
- (2) 배관재질의 화학적인 성분은 관련 법규, 규격 등을 준수하여야 한다.
- (3) 설치하기 전에 세척해야 하는 파이프의 경우, 제조공정에서 파이프 내부 표면에 녹이나 침전물 등이 발생하지 않는 방법으로 제조하는 것을 권장한다.

6.2.3 배관 제조공정

- (1) 일반적인 제조방법은 무계목(Seamless, 無繼目, 이음매 없는) 파이프, 고주파 유도(HFI), 전기 저항 용접(ERW), 레이저 빔 용접(LBW) 또는 서브머지드 아크 용접(Submerged Arc Welding, SAW) 등이 있다.
- (2) 구매자의 사전 승인 없이 다른 공정에 의해 제조된 배관을 사용해서는 안 된다.
- (3) 파이프는 제작, 보관, 등의 과정에서 내부 표면에 페인트, 니스 또는 래커와 같은 방식제를 도포하는 것을 금지해야 한다.

6.2.4 열처리

- (1) 파이프를 제작할 때의 종방향 용접과 (일반적으로 연속 용접 공정의 일부로 수행) 또는 배관에 대한 열처리는 완료된 배관에 기본적으로 산화물층(酸化物層, 흑피)이 없도록 해야 한다.

6.2.5 수압시험

- (1) 현장에서 수행한 압력시험은 배관의 제조 및 품질관리 공정의 일부로 완성된 배관 설비의 각 부분에 대해 수압시험 및/또는 와전류 시험(재질의 규격에서 허용하는 경우)을 해야 한다.
- (2) 수압시험은 사용자의 특별한 요구사항이 없는 경우에는 관련법규 등에서 요구사항을 따라야 한다.

6.3 사전 배관세척

6.3.1 일반사항

- (1) 모든 배관은 대부분 녹이나 이물질 없도록 제작되고, 사전에 철저한 세척 및 청결 상태가 유지되도록 밀봉하거나 포장된 상태로 반입되어야 한다.
- (2) 세척방법은 경제성을 고려하여 기계적 또는 화학적 세척 방법을 사용할 수 있다.
- (3) 지하 배관용 코팅배관은 외부 코팅공정이 내부 표면의 세척기준을 훼손하지 않도록 예방 조치를 실시한다면, 내부 세척을 수행하기 전 또는 후에 수행될 수 있다.
- (4) 깨끗한 파이프는 오염을 방지하기 위해 파이프 마다 개방 단부는 세척 및 코팅 후 씰링해야 한다(6.3.5 참조).

6.3.2 파이프 제작

- (1) 산소 서비스를 위해 사전 세척을 수행하는 배관설비는 전체 길이를 따라 육안 검사를 할 수 있고, 필요한 경우 요구되는 표준에 따라 세척할 수 있는 방식으로 제작되어야 한다.
- (2) 산소를 취급하는 배관의 제작 작업장은 다른 배관작업장과 격리하여야 한다.

6.3.3 압력시험

- (1) 배관설비의 압력시험은 다음 조건을 만족한다면 기압으로 실시할 수 있다.
 - (가) 관련 법규
 - (나) 설계 코드
 - (다) 제3자의 내부 규정(해당되는 경우)

(라) 공식적인 위험성 평가에 기초한 허용 가능성.

(2) 기압시험 요건은 수압시험에 따른 산소배관의 오염 또는 부식의 위험을 최소화해야 하는 필요성에 의해 결정된다. 하지만 어떤 이유로든 기압시험을 허용할 수 없는 경우 배관은 수압시험을 하여야 한다(6.1.6 참조).

(3) 수압시험 후에는 배수, 건조 및 점검이 필요하다.

6.3.4 내부 표면처리

(1) 블로아웃을 포함한 사전 세척작업은 제작 시방서에 따라 실시되어야 한다.

(2) 원하는 경우 제조업체의 시설(수압시험 후)에서 사전 세척 및 블로아웃을 수행할 수 있다. 단, 설치 전 보관 기간 및/또는 보관 조건(현장 이송 포함)의 결과로 완성된 파이프의 내부 표면 상태가 크게 악화될 가능성이 있는 경우 현장에서 사전 세척 및 블로아웃을 수행해야 한다.

(3) 배관을 검사하여 필요한 청결기준이 달성되었는지 확인하고 기록을 유지해야 한다(6.5 참조).

(4) 가벼운 인산염 코팅을 적용하여 세척된 내부 표면의 녹 형성을 억제할 수 있다. 이는 화학 세척 절차 후 일반적인 관행이다.

6.3.5 운송 준비작업

(1) 세척기준이 달성되면 배관의 개방 단부에는 방진과 방수 밀봉이 가능하도록 견고하고 밀착된 피팅 플라스틱 캡(Fitting plastic caps)을 장착시켜야 한다.

(2) 캡은 튼튼한 접착 테이프로 고정하고 밀봉해야 한다.

(3) 보관 기간과 운송 조건에 따라 부식 최소화를 위해 각 배관 안에 실리카 겔과 같은 포장된 건조제를 넣을 수 있다.

(4) 건조제를 사용하는 경우, 설치 중에 용기가 파이프에 부주의하게 남아있지 않도록 보호하기 위해 플라스틱 캡 내부에 단단히 고정시켜 보관하여야 한다.

(5) 현장 설치작업 중에 사용되는 건조제 주머니의 총 수를 확인하고 문서화해야 한다.

(6) 건조제 주머니를 제거할 때 주머니가 손상되지 않았는지, 모든 주머니가 제거되었는지 주의하여야 한다.

- (7) 작은 구멍을 포함하여 배관의 모든 구멍은 금속 또는 플라스틱 플러그로 밀봉해야 한다.

6.3.6 청결유지

- (1) 현장에 납품하기 전에 세척한 파이프의 경우 현장의 육안 검사 결과 어떤 이유로든 배관의 청결도가 저하되지 않는 한 설치 전에 배관의 추가 세척 할 필요는 없다.
- (2) 만약 청결도가 떨어진 경우에는 해당 배관은 승인된 절차에 따라 공장 또는 설치 작업 현장에서 다시 청소해야 한다. 배관 설치 중 배관 내부 표면은 깨끗하고 건조한 상태(즉, 오일, 그리스, 토양, 이물질 및 유출수가 없는 상태)로 유지되어야 한다.
- (3) 다음과 같은 내용이 포함된 현장 설치계획서에 따라 사전에 준비하여야 한다.
 - (가) 특히 배관이 통과하는 트렌치는 용접이나 개방된 파이프나 배관자재를 취급할 때는 물, 가연성 물질 등이 유입되지 않도록 깨끗하게 유지하여야 한다.
 - (나) 매일 작업이 끝났거나, 작업을 하지 않을 때는 개방된 배관은 압력유지 플러그 또는 용접 캡으로 파이프의 개방된 끝을 밀봉한다. 장시간 사용하지 않을 경우 추가적인 예방 조치로 배관은 약 0.01 MPa의 건조한 무유성(Oil free) 공기 또는 질소로 가압하여 보관한다.
 - (다) 모든 배관의 마감용접은 작업을 시작하기 전에 공인감독자가 배관 내부를 육안 검사를 하여 기록하고, 향후 작업을 위하여 결과를 보존하여야 한다.
 - (라) 불활성가스 퍼지장치의 청결유지(예: Lances, temporary seals)
 - (마) 작업자는 항상 깨끗하고, 오일 오염이 없는 작업복을 착용하고, 손에 오일, 그리스 및 과도한 오물이 없도록 하여야 한다.
- (4) 시공기간 동안 배관은 대기에 개방될 수 있으며 이러한 노출로 인해 내부 표면 부식이 어느 정도 발생할 수 있다.
- (5) 배관 설치작업이 끝나면 배관표면의 부식정도를 확인하고, 피그를 사용하여 제거하고, 고속으로 퍼지시켜 표면의 부식을 제거해야 한다.
- (6) 탄소강 배관의 경우 관련 법령이나 지방서에 범위 내에서 가벼운 표면의 녹은 허용될 수 있다.

- (7) 건설작업자는 항상 깨끗한 작업장에 있어야 하고, 오일이나 그리스를 사용하는 작업장에 출입을 금지하여야 한다.
- (8) 산소배관 작업장에서 사용하는 공구, 기계 등은 오염되지 않도록 별도의 장소에 보관하고, 기록을 유지하여야 한다.
- (9) 일반 작업장으로 이동한 공구, 기구 등을 재반입할 경우에는 관련 절차에 따라서 깨끗하게 세척하고, 기록을 유지하여야 한다.
- (10) 윤활유를 사용할 경우에는 사전에 윤활유 사용을 통제하는 통제자의 승인을 받아야만 사용할 수 있다. 산소와 호환되는 윤활유의 선택은 5.5를 참조한다.
- (11) 배관을 가압할 때 사용하는 플리그는 깨끗하게 유지하고, 사용하지 않을 때는 깨끗한 플라스틱 봉지에 보관하여야 한다.

6.3.7 최종 세척

- (1) 최종세척은 프로젝트 요건에 적합하도록 전체 시공 프로그램의 편리한 지점에서 수행한다.
- (2) 세척절차는 무엇보다도 공사 중 오염의 위험성, 잠재적 오염물질의 특성 및 세척 전 또는 후 내압시험에 사용되는 방법 등 여러 요인에 따라 달라질 수 있다.
- (3) 어떤 경우에도, 피그장치 사용은 배관설비에 남아있는 잔류 오염물의 특성과 정도에 따라 피그 세척여부를 결정한다.
- (4) 공기중에서는 불연성이지만 산소농도에 따라 가연성이 될 수 있어 세척제나 용매 사용시 주의하여야 한다.
- (5) 만약 세척할 때 화학물질, 용제 또는 세제를 사용한 경우, 시운전 전에 액체 잔류물을 완전히 배출하고, 제거하는 것이 중요하다. 사용 가능한 세척 방법은 6.1.3을 참조한다.

6.3.8 누설시험 및 블로우 아웃

- (1) 내부의 이물질이 제거된 배관설비는 설비의 설계압력에서 건조하고, 기름이 없는 공기 또는 질소로 누설시험을 실시하고, 고속으로 블로우 아웃을 시킨다.
- (2) 밸브, 오리피스 플레이트, 스트레이너, 필터 및 기타 사전 세척 장비 항목은 입자상 물질에 의한 손상 또는 오염으로부터 보호하기 위해 블로우아웃 작업이 끝나고 설치

해야 한다.

- (3) 최종 고속 가스 퍼지는 잔류 이물질을 실질적으로 제거할 수 있을 만큼 높은 속도 (일반적으로 25 m/s)로 실시한다.
- (4) 퍼지가스 출구 측에 알루미늄으로 만든 표적판을 설치하고 배출되는 이물질에 의한 충돌흔적으로 판정하는 것이 효과적이다. 이때 사용하는 알루미늄 판의 경도는 25 ~ 35 HB 정도이다.(ISO 6505-1, 금속 재료-Brinell 경도 시험-제1부: 시험 방법 참조)
- (5) 또한 고속 가스 퍼지 출구 측에 강판으로 만든 그리스 얼룩 판을 설치하여 산소와 반응할 수 있는 그리스 등의 흔적을 확인하여 적정여부를 판정하여야 한다.
- (6) 표적판은 가스퍼지 방출구에서 직경의 0.5배 떨어진 곳에 견고하게 설치하여야 한다.
- (7) 육안 또는 표적판의 흔적이 0.2 mm 미만이거나 없을 때까지 실시하여야 한다.
- (8) 그리스 얼룩 판은 육안으로 흔적이 없을 때까지 실시하여야 한다.
- (9) 질소를 퍼지 가스로 사용하는 경우, 산소결핍에 의한 질식사고 예방을 위하여 방출구 위치와 방향 설정에 주의하여야 한다.

6.4 설치 후 청소

6.4.1 최종 세척

- (1) 최종세척은 파이프는 일반적으로 6.2항에 따른 일정한 길이의 배관으로 사전에 제작되어 산소취급설비의 설치장소에 설치한다.
- (2) 제안된 세척 방법으로 원하는 세척기준을 달성할 수 있는지는 제조자가 제출한 자재의 목록과 세척관련 시험성적을 기준으로 배관의 세척상태(예: 표면의 산화물 층, 흑피)를 확인하는 것이 중요하다. 세척 방법은 6.1.3을 참조한다.

6.4.2 압력시험

압력시험은 6.3.3을 참조한다.

6.4.3 내부 표면 마감

- (1) 블로아웃을 포함한 세척하는 절차는 관련 법규, 코드 및 사용자의 사양서 등에 따라 실시하고, 적정여부를 확인하여야 한다.
- (2) 배관설비는 세척기준에 적합한지를 확인하기 위해 배관 내부를 검사해야 한다(6.5 참조).

6.4.4 청결 유지

배관설비는 설치하는 동안 이물질(예: 오일, 그리스, 흙, 금속파편 및 유출수 등)의 유입을 최소화하기 위해 모든 노력을 하여야 한다. (6.3.6을 참조한다.)

6.4.5 누설시험과 블로아웃

블로아웃이 필요한 경우 자세한 내용은 6.3.8을 참조한다.

6.5 검사

6.5.1 검사 절차

- (1) 시공, 시험 및 세척과정이 만족스럽게 끝나면 배관설비는 내부 표면의 상태를 평가하기 위해 입구와 배출 단부 양쪽 및 접근 가능한 모든 지점에서 배관 및 배관설비를 검사해야 한다.
- (2) 필요한 경우, 품질 관리 절차에 따라 접근 가능한 모든 개구부에서 표백제로 처리되지 않은 흰색의 보풀 없는(Lint-free) 천 또는 여과지로 배관설비 내부 표면을 닦아서 표본을 채취할 수 있다.
- (3) 필요한 경우 샘플링에 사용되는 와이퍼를 식별번호를 붙여 폴리에틸렌 봉지에 밀봉한 후 배관 품질관리자료의 일부로 보관하는 것을 권장한다.
- (4) 검사는 다음 절차 중 하나 이상을 사용하여 수행해야 합니다.
 - (가) 백색광을 사용하여 내부 표면을 육안으로 검사하여 세척이 효과적이고 회색 금속 마감, 그리스, 녹, 슬래그 및 기타 이물질이 없는지 확인한다. 단 탄소강의 경우, 가벼운 녹막은 허용될 수 있다.
 - (나) 자외선(UVA) 조명을 구멍에 비추어 내부에 기름이나, 그리스가 없는지 확인한다.

- (다) 만약 천이나 여과지를 사용한 경우에는 밝은 흰색 조명 및 자외선(UVA) 조명에서 기름이나 그리스가 없는지를 확인한다.

6.5.2 자외선 검사

- (1) 자외선 검사가 필요한 경우 모든 샘플과 개구부를 적합한 자외선(UVA) 광원으로 검사하여 탄화수소 오염의 증거가 없는지 확인해야 한다.
- (2) 자외선(UVA) 광선 검사를 받을 때 샘플이 형광을 나타내지 않는다면 샘플의 약간의 변색이 허용됩니다.
- (3) 다음 기준에 따라 파이프 표면 또는 겉면에 있는 탄화수소 오염물질의 형광 검출에 사용하는 자외선(UVA) 광원을 선택한다.
 - (가) 빛의 파장은 250 ~ 400 nm 사이이어야 한다.
 - (나) 광원은 30 cm에서 5.0 mW/cm²의 광도를 제공하는 적절한 필터와 수은등이나 할로겐 램프를 사용하는 스포트라이트이어야 하다.
 - (다) 일반적으로 형광램프는 사용하지 않는다.
- (4) 대부분의 경우 자외선 검사는 탄화수소의 오염 정도에 대한 신뢰할 수 있는 지표를 제공하지만 모든 그리스나 오일이 자외선에서 발광하는 것은 아니다.
- (5) 경우에 따라서는 배관설비의 제작, 장기보관 또는 현장 설치작업 중에 다른 방법으로 검사를 할 수 있다.

6.5.3 허용 기준

- (1) 허용기준은 관련기준, 코드, 사용자의 기준을 따른다.
- (2) 허용기준이 확실하지 않을 경우에는 EIGA Doc 33/06, Cleaning of Equipment for Oxygen Service, European Industrial Gases Association, CGA G-4.1, Cleaning Equipment for Oxygen Service, Compressed Gas Association, and ASTM G93-96, Sections 9 and 10 등을 따른다.

6.5.4 시정 조치

- (1) 사전 세척 또는 현장 세척 과정에서 허용 가능한 세척기준에 부적합 증거인 심한 부식, 접촉된 입자상 이물질, 오일, 그리스 또는 이와 유사한 탄화수소 오염의 징후

를 피싱할 때 찾아 관련 대책 및 세척기준을 함께 제출하여야 한다.

(2) 세척기준에 부적합 경우에는 다시 세척을 하여야 한다.

6.5.5 밀봉, 치환 및 모니터링(Sealing, purging, and monitoring)

- (1) 배관 및 배관설비의 검사와 세척기준에 적합하면 모든 개방된 배관의 끝단을 모두 밀봉해야 한다.
- (2) 배관설비의 검사가 끝나면, oil-free 공기 또는 질소로 내부의 이슬점이 -40°C 이하가 될 때까지 치환시켜야 한다.
- (3) 산소 함량과 이슬점이 요구되는 수준에 도달한 후에는 건조하고, oil-free 공기 또는 질소로 배관설비를 밀봉하고 약 0.01 MPa까지 가압해야 한다.
- (4) 압력은 정기적으로 모니터링되어야 하며, 사용하기 전까지 이 상태로 유지되어야 한다.

6.5.6 기록

산소 공급 배관설비에 대한 청소 활동과 검사 세부 사항은 관련 법령, 지침 등에 따라 사전에 계획을 수립하고, 각종 검사기록을 관련자가 서명하고, 기록을 유지해야 한다.

7. 운영, 모니터링 및 유지보수

7.1 일반 안전지침

- (1) 배관설비의 작업은 사전에 안전작업허가서를 발급하고, 작업하여야 한다.
- (2) 안전작업 허가서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.
 - (가) 흡연은 작업지역에서 안전거리 5 m 금지
 - (나) 작업지역 내에서 화기작업 금지
 - (다) 오일이나 그리스의 흔적이 완전하게 제거되었는지 확인
 - (라) 용접장치의 접지 금지

(마) 낙뢰 가능성이 있는 경우에는 접지설비 점검 금지

(바) 낙뢰 가능성이 있는 경우에는 작업자가 산소설비 주위에 접근 금지

(사) 다른 배관설비는 근처 전력선의 접지결함으로 인해 발생하는 교류 유도전류에 대한 위험을 방지하기 위하여 사전에 접지를 권장

7.1.2 운전자 및 유지보수자

(1) 산소배관설비의 위험성 및 안전요구사항 등을 사전에 교육을 받아야 한다.

(2) 배관설비의 특성, 밸브 및 계측제어설비 등의 위치를 잘 알고 있어야 한다.

(3) 운전자 및 유지보수자는 모든 운전, 정비, 안전운전, 유지보수 등의 절차서를 사전에 교육을 실시하고, 잘 알고 있어야 한다.

(4) 협력업체 작업자 등은 사전에 산소설비의 유해위험성, 주의사항, 비상시 행동요령 등을 충분한 안전교육을 실시하여야 한다.

(5) 모든 작업자는 보푸라기가 없고, 기름이나 그리스 등이 없는 깨끗한 작업복과 장갑을 착용하여야 한다.

7.1.3 차단밸브 작동

(1) 제어밸브는 큰 압력차이로 작동되어 면제재질을 사용하여야 한다.

(2) 면제재질을 사용하지 않은 차단밸브는 사전 안전작업절차에 따라 바이패스밸브 또는 기타 특정 절차에 따라 차압을 최소화한 후에만 작동하여야 한다.

(3) 차단밸브가 현장에서 제어할 수 없는 원격으로 제어되는지 여부에 관계없이 차단밸브의 압력차이를 모니터링할 수 있는 조치를 하여야 한다.

7.1.4 용접 및 절단작업

(1) 산소배관설비의 용접작업은 국부적인 가열도 점화원을 제공할 수있어 사전에 철저한 안전조치를 하기 전에는 절대로 금지한다.

(2) 산소배관설비는 가능한 사전에 압력을 제거하고, 불활성 가스로 치환하고 작업하는 것이 좋다.

(3) 사전 안전조치는 다음과 같다.

(가) 배관설비 내의 압력을 제거하고 작은 구멍을 뚫는 작업

(나) 다음과 같이 스테드 용접장치를 사용하여 음극보호 스테드 용접

- ① 배관의 재질과 특성을 잘 이해하고,
- ② 볼트가 용접되는 동안 배관 내부에 열이 거의 발생하지 않거나 전혀 발생하지 않도록 안전작업절차서가 있고, 관련된 절차에 따라서 안전한 용접을 할 수 있는 용접장치가 있고,
- ③ 안전한 용접작업을 할 수 있는 자격을 가진자가
- ④ 안전작업절차서와 안전작업을 감독하는 감독자의 지시에 따라 작업을 수행하여야 한다.

7.1.5 산소농도

- (1) 산소배관설비의 주위 작업은 통풍이 잘되는 곳에서 수행하여야 한다.
- (2) 산소농도는 18.0 ~ 23.5 %이어야 하고, 다음의 제한사항을 준수하여야 한다.
- (3) 산소농도가 낮은 경우에는 질식의 위험이 있다,
- (4) 산소농도가 높은 경우에는 화재폭발의 위험이 증가한다.
- (5) 낮은 온도의 산소가 누출되면 낮은 곳으로 산소가 모여, 23.5 % 이상의 산소농도가 될 수 있다.
- (6) 불을 사용하여 산소농도를 확인하는 것은 절대로 금지한다.
- (7) 작업장의 산소농도는 산소농도측정기를 사용하여 측정하고, 정기적으로 교정하여야 한다.
- (8) 기타 자세한 사항은 KOSHA GUIDE P - 138 - 2013 “산소 과잉 분위기의 화재 위험성 및 방지대책에 관한 기술지침”, H - 80 - 2018 “밀폐공간 작업 프로그램 수립 및 시행에 관한 기술지침”을 참조한다.

7.1.6 배관설비 정지와 운전

- (1) 배관설비의 정지와 운전은 안전운전절차서를 작성하고, 절차서에 따라야 한다.
- (2) 안전운전절차서는 운전자, 유지보수자 및 협력업체 관계자에게 산소의 유해위험성 및 안전작업절차 등을 교육하여야 한다.

(3) 관리감독자는 다음 사항을 확인하고, 단계별로 반드시 승인하여야 한다.

- ① 안전운전절차서 및 작업범위가 문서로 확정되었는지?
- ② 작업자의 안전보건교육을 실시하였는지?
- ③ 안전작업허가서는 적절하게 발급하였는지?
- ④ 유지보수작업을 시작하기 전에 차단 절차가 안전하게 이루어졌는지?
- ⑤ 배관을 다시 가압하기 전에 유지보수작업이 완료되고, 산소공급을 위한 세척 작업이 규정에 맞게 수행하였는지?

(4) 작업영역이 완전하게 차단될 때까지 정비작업을 수행할 수 없다.

(5) 차단작업이 필요 없는 배관작업 또는 가열이나, 화기작업이 없는 작업 중에서 스트레이너의 이물을 제거작업과 같은 배관 구성요소에 대한 유지관리를 수행할 때는 배관설비를 안전하게 감압할 수 있는 경우 단일 밸브를 닫아 격리할 수 있다.

(6) 체크밸브는 유지보수작업을 위한 차단장치로 사용할 수 없다.

(7) 절단이나 용접과 같은 주요 작업은 다음과 같이 확실하게 차단작업을 실시하여야 한다.

- ① 해당 배관설비의 공정을 완전하게 분리(complete disconnection)
- ② 맹판(blind flanges) 설치
- ③ 이중 밸브를 모두 닫고, 두 밸브 사이의 벤트밸브를 개방(이 때 모터작동 밸브는 전원을 공급하는 결선 분리)
- ④ 장비가 차단되었거나 맹판이 설치되었음을 알리는 태그를 부착
- ⑤ 산소농도를 지속적 일정한 시간마다 측정하고 기록
- ⑥ 개방된 산소설비는 이물질에 의한 오염을 방지하기 위한 밀봉

7.1.7 대기 방출과 압력 제거

(1) 대기 방출

- ① 대기방출은 건물, 설비 및 작업자와 멀리 떨어진 안전한 곳에 방출시켜야 한다.
- ② 내연기관으로 작동하는 콤프레셔 및 차량 근처에 방출을 금지한다.
- ③ 고전압 전선 근처에 방출을 금지하여야 한다.

(2) 압력 제거

- ① 감압할 때 유량을 조절하는 보조밸브는 실제 방출하는 차단밸브 이후에 설치한다.
- ② 보조 밸브는 밀폐기능이 보장되어야 한다.
- ③ 보조 밸브는 차단밸브가 완전히 열릴 때까지 닫혀있어야 한다.
- ④ 위의 조치가 완료된 후에 보조밸브를 사용하여 방출할 수 있다.

7.1.8 퍼징

- (1) 오일과 그리스가 없는 질소 또는 건조한 공기로 배관설비 내의 산소를 제거하여야 한다.
- (2) 배관설비 내에 산소가 남아있지 않도록 모든 분기관, 필터 등을 포함하여 치환프로그램에 따라 철저하게 치환을 하여야 한다.
- (3) 실내, 밀폐공간, 도랑 등은 환기팬을 사용하여 깨끗한 공기로 치환시켜야 한다.

7.1.9 작업공구 등

작업에 사용하는 공구나 기계는 깨끗하고, 이물질, 기름이나 그리스가 없어야 한다.

7.2 시운전

- (1) 산소설비나 장치의 시운전은 설비 제조업체의 지침, 관련 법규, 지침 등을 따라야 한다.
- (2) 지침에 따라 내압시험과 기밀시험을 실시하고, 산소를 공급할 수 있다.
- (3) 가능하다면, 새로운 배관설비는 다량의 건조한 오일프리 질소를 사용하여 플러싱시켜 배관설비 내부의 이물질을 제거하여야 한다.
- (4) 시운전이 시작되면 먼저 산소를 사용하여 내부의 공기나 질소를 제거시켜야 한다.
- (5) 퍼징 절차에 따라 압력을 받는 마지막 밸브를 조이거나, 우회 밸브(Bypass valve)를 사용하여 실시한다.
- (6) 산소 순도를 보장하기 위하여 특정한 방향으로 퍼지하여야 한다.

- (7) 산소의 순도는 산소농도측정기를 사용하여 모든 출구에서 측정한다.
- (8) 적정 산소농도가 유지되면 방출밸브 등을 닫는다.
- (9) 배관설비가 펴지되고, 방출구가 닫히면 배관을 우회밸브(Bypass valve), 압력조절 수동밸브 또는 제어밸브를 사용하여 서서히 배관설비 운전압력까지 가압한다.
- (10) 시운전 중에는 플랜지 연결부위 등에서 누출여부를 정기적으로 점검하고 기록하여야 한다.

7.3 작동 및 모니터링

- (1) 산소설비나 장비는 제조업체, 관련 법령, 지침 등에 따라야 한다.
- (2) 배관설비 및 밸브 스테이션은 운전 및 안전운전절차서에 따라 양호한 작동상태로 유지되어야 한다.
- (3) 운전자, 유지보수자는 모든 안전 및 기술 모니터링 조치를 포함한 설비유지보수지침을 따라야 한다.
- (4) 수행할 작업은 운전, 유지보수 및 안전운전절차서에 구체적이고, 간단하게, 알기 쉽게 명시되어야 한다.
- (5) 각종 검사, 측정 등은 관련 법규, 지침, 제조자의 지침, 회사의 규정 등을 따른다.

7.4 문서관리 및 정보제공

7.4.1 일반사항

- (1) 산소설비의 유지보수작업중 안전사고는 기술, 운전사항에 국한되지 않고, 다양한 분야에서 발생되고 있다.
- (2) 산소배관설비를 보호하고, 설비의 신뢰성을 보장하려면 산소배관설비의 위치, 인접한 곳에서 작업 및 새로운 산소배관설비의 설치 등의 정보를 관련자에게 알리고, 관련 법규나 규정 등에 따라 현장에 유해위험성 등을 게시하여야 한다.

7.4.2 법규 준수

- (1) 산소배관설비를 설치할 때는 관련 법규, 조례, 지침 등을 준수하여야 한다.
- (2) 공동으로 사용하는 파이프랙, 지하매설물 등은 설비의 위치를 알아볼 수 있도록 표시, 주의사항을 현장에 게시하여야 한다.
- (3) 산소배관설비 주위 작업자에게 사전에 유해위험성을 알리고, 관련된 정보를 제공하여야 한다.
- (4) 산소배관설비 주위에서 수행하는 화기작업, 굴토작업 등의 위험한 작업은 안전작업허가서를 발행하고, 사전 안전조치를 실시하고 작업한다.
- (5) 산소배관설비에서 위험한 상황이 발생하면 연락할 전화번호, 기타 방법 등을 현장에 게시한다.
- (6) 안전작업허가서와 관련된 내용은 KOSHA GUIDE, P - 94 - 2019 “안전작업허가 지침”을 따른다.

7.4.3 작업 요약

- (1) 산소배관설비 근처에서 작업은 관리감독자의 서명을 받은 서면, 도면 등으로 지시하여야 한다.
- (2) 작업내용은 해야할 작업범위와 해서는 안 되는 작업범위를 문서, 현장설명 등을 통해서 확실하게 협력업체 작업자를 포함한 모든 작업자에게 알려야 한다.
- (3) 작업구역은 바닥에 표시, 통제선 설치 등 구체적으로 표시하여야 한다.

7.4.4 기록

- (1) 산소배관설비 관리자는 다음사항을 기록하고 보존하여야 한다.
 - (가) 작업지시서, 계약서, 작업시방서, 안전작업허가서, 회의록 등
 - (나) 작업자, 계약자의 요청사항
 - (다) 작업자, 계약자의 질의사항에 대한 회신문서
 - (라) 작업감독 문서

7.4.5 문서관리

- (1) 정확한 작업지시를 위하여 최신 자료나 도면을 사용하여야 한다.

- (2) 산소배관설비와 관련된 문서는 최신의 것으로 수정·보관하여야 한다.
- (3) 새로이 설치하는 경우에는 기존의 도면에 표시하여 혼동을 방지하여야 한다.
- (4) 설비가 변경된 경우에는 관련 자료와 도면을 수정하여야 한다.
- (5) 문서나 도면은 매년 현장 설비와 일치하는지를 확인하고, 수정보완하여야 한다.

7.5 배관설비 손상관리

7.5.1 누출

- (1) 배관설비에서 산소가 누출될 경우에는 즉시 보수하여야 한다.
- (2) 산소누출이 의심되거나 시각이나 청각으로 확인할 수 없는 경우에는 배관설비를 단위 공정이나 설비별로 분리하여 압력시험을 실시하여 안전하다는 것을 증명하여야 한다.

7.5.2 재검증

- (1) 산소배관설비의 안전성 확보를 위하여 주기적인 두께측정, 비파괴검사 및 유지보수, 세척 등을 실시하여 안전하다는 것을 증명하여야 한다.
- (2) 누출, 화재 또는 기타 사고 등으로 배관설비의 수정, 교체, 대체한 경우에는 압력시험, 세척 등을 실시하여 안전하다는 것을 증명하여야 한다.

8. 일반 안전조치

8.1 비상조치 계획

- (1) 비상조치계획 문서는 협력업체를 포함한 모든 근로자, 방문자, 지역주민 및 공공기관을 포함하여 비상시 행동해야 할 사항을 제공하기 위하여 작성되어야 한다.
- (2) 단위 설비나 공정별로 산소배관설비의 특성을 고려하여 작성한다.
- (3) 관련 법령, 지침, 회사의 방침 및 지역주민과 합의사항을 반영하여야 한다.
- (4) 근로자, 지역주민, 공공기관, 협력업체 및 자문업체 등의 비상연락망을 포함한다.

- (5) 배관설비의 경로, 길이, 직경, 운전 및 설계압력, 유량, 차단밸브 위치 등을 도면, 관련자료를 포함한다.
- (6) 배관설비가 심각하게 손상되면 전기방식을 분리한다. 만약 필요한 경우에는 임시로 결선한다.
- (7) 비상시 통제센터 위치와 역할을 설정하고, 각자의 임무를 부여한다.
- (8) 비상상황이 발생하면 협력업체를 포함한 사고현장 작업자, 방문자 등에게 신속하고, 정확하게 알려야 한다. 비상상황 대응절차에 따라 인접지역 주민, 공공기관에게도 알려야 한다.
- (9) 비상통제센터는 사고의 정확한 위치를 확인하고, 모든 상황을 기록하고, 비상대응팀에 정보를 전달할 책임이 있다.
- (10) 비상상황에 대처하기 위한 장비는 적절한 위치에 즉시 사용이 가능토록 보관해 둔다.
- (11) 기타 비상조치계획은 KOSHA GUIDE P - 101 - 2012 “비상조치계획 수립에 관한 기술지침”을 따른다.

8.2 전원공급설비 및 피뢰

- (1) 배관설비가 고압전선과 평행으로 근접되어 설치된 경우에는 교류전류의 유도를 받을 수 있고, 철도와 근접되어 설치된 경우에는 직류 또는 교류의 유도를 받을 수 있다.
- (2) 교류나 직류의 유도전류는 산소배관설비를 여러 개로 분할시켜 절연 플렌지 및 접지시켜야 최소화 한다.
- (3) 기타 자세한 사항은 KOSHA GUIDE D - 51 - 2020 “지하-지상 배관 연결부의 플렌지 절연장치 설치에 관한 기술지침”을 따른다.

8.3 화재

- (1) 산소배관설비에서 발생할 수 있는 특정 화재위험은 다음과 같다.
 - (가) 산소배관설비 내부에서 화재가 발생하면 빠르게 확산된다.

- (나) 일반적으로 이런 화재는 몇 초 후에 자동으로 꺼지지만 방출된 산소량은 산소가 풍부한 분위기가 형성될 수 있다.
- (다) 산소가 풍부한 공기는 연소속도가 빨라질 수 있어 산소를 차단하고, 소화해야 한다.
- (2) 산소공급 화재를 처리하는 유일한 효과적인 방법은 산소공급을 차단하는 것이다.
- (3) 산소가 풍부한 조건에서 적절한 소화방법은 물, 분말소화기, 이산화탄소 등이 있지만 화재의 종류에 따라 적절한 방법을 선택하여야 한다.
- (4) 산소농도가 높은 곳은 구조자나 작업자가 움직일 때 발생하는 정전기, 마찰 등에 의한 작업복이 점화되어 화재가 발생할 수 있어, 산소농도가 높은 곳에 진입하는 것은 위험하다.
- (5) 산소농도가 높은 곳에 있었던 작업자 등은 담뱃불, 용접 토치, 스파크 등의 점화원이 될 수 있는 것을 멀리하고, 옷을 풀거나, 15분 이상 통풍이 잘되는 곳에 있어야 한다.
- (6) 화재가 발생하면 다음과 같은 조치를 상황에 맞게 적절하게 취해야 한다.
 - (가) 신속한 상황판단(신속한 위험성 평가)
 - (나) 화재경보 및 신고
 - (다) 위험지역을 이탈
 - (라) 산소 누출 차단
 - (마) 재해자 구조
 - (바) 위험지역 통제
 - (사) 상황에 따라 근처 공장에 경보

8.4 사고 및 피해신고

- (1) 산소배관설비에서 사고가 발생하면 동종 또는 유사한 사고를 예방하기 위하여 철저한 조사로 사고원인을 규명하여야 한다.

- (2) 보고서에는 사고 전 몇 분 동안의 배관설비의 상태에 대한 정확한 설명이 포함되어야 한다.
- (3) 기타 관련자료, 2차 점화, 인명 피해, 장비 및 재산손실 등의 사고결과를 기록한다.
- (4) 산소배관설비의 사고조사는 KOSHA GUIDE P - 106 - 2016 “중대산업사고 조사에 관한 기술지침”, ASTM G93, Standard Practice for Cleaning Methods for Material and Equipment used in Oxygen-Enriched Environments 등을 참조한다.

8.5 안전관리 체계

- (1) 산소배관설비는 관련 법규, 지침, 조례 등에 따라 관련된 인허가를 받아야 한다.
- (2) 전반적인 설계 및 시공은 관련 법규, 지침, 조례 등을 준수하여야 한다.
- (3) 비상정지는 누출감지경보기, 경보설정값 등에 의해 자동으로 작동될 수 있고, 수동으로 정지시킬 수 있어야 한다.

8.6 운전

- (1) 산소배관설비의 제어전략은 설계범위 내에서 안전하게 제어될 수 있도록 설계되어야 한다.
- (2) 제어전략은 다음 사항이 포함되어야 한다.
 - (가) 압력
 - ① 배관설비의 압력은 정확하게 측정되어야 한다.
 - ② 내압력이 있게 설치한다.
 - ③ 안전밸브를 설치한다.
 - (나) 배관설비에 극저온 액체가 유입되지 않도록 한다.
 - (다) 적절한 유속을 유지한다.
 - (라) 사양을 충족하지 않는 제품이 유입되지 않도록 한다.
- (3) 산소의 폐기는 안전한 곳에 대기방출 한다.

8.7 유지보수 및 검사

- (1) 정기적인 예측예방정비를 실시하여야 한다.
- (2) 장거리 배관은 주기적인 순찰을 하여야 한다.
- (3) 다음 사항을 중점 확인하고, 기록을 유지하여야 한다.
 - ① 방식 설비의 일상적인 시험
 - ② 지상 플랜지의 육안 누출 점검
 - ③ 배관설비의 파손상태
 - ④ 지반 침하상태
 - ⑤ 배관설비의 인위적인 파손 흔적
 - ⑥ 배관설비의 위치 변경, 이탈, 고정상태
 - ⑦ 안전운전 및 비상연락 표지판 상태

[부록 1]

공칭 합금 구성 및 범위

Material type or alloy	EN-MAT No.	UNS No.	Nominal composition range
Brass alloys ¹⁾		2.0380	Various 55Cu to 85Cu, 15Zn to 44Zn, 1 to 3 (Sn, Pb, Fe)
Cobalt alloys			
Stellite 6	Stellite 6	R30006	55.5Co, 29Cr, 4.5W, 3Ni, 1C, 7 (Fe, Si, Mn, Mo)
Stellite 6B	Stellite 6B	R30016	53Co, 30Cr, 4.5W, 3Ni, 1C, 8.5 (Fe, Si, Mn, Mo)
Ultimet		<u>R31233</u>	<u>54Co, 26Cr, 9Ni, 5Mo, 3Fe, 2W, 0.8Mn, 0.3 Si, 0.08N, 0.06C</u>
Copper	2.0090	C10100	99.9+Cu
Copper-nickel alloys	2.0882	C70600	67Cu to 87Cu, 10Ni to 31Ni, 1 to 2 (Fe, Mn, Zn)
Ferrous castings (non-stainless)			
Gray cast iron	0.6030	F12801	3C, 2Si, 0.8Mn, Balance Fe
Nodular cast iron	0.7040	F32800	3.6C, 2.7Si, 0.4Mn, Balance Fe
Ni Resist Type D2	0.7673	F43010	20Ni, 3C, 2Si, 2Cr, 1Mn, Balance Fe
Ferrous castings (stainless)			
CF-3 ²⁾	1.4308	J92500	19.5Cr, 10Ni, 2Si, 1.5Mn, Balance Fe
CF-8 ²⁾	1.4308	J92600	19.5Cr, 10Ni, 2Si, 1.5Mn, Balance Fe
CF-3M	1.4408	J92800	19Cr, 11Ni, 3Mo, 1.5Si, 1.5Mn, Balance Fe
CF-8M ³⁾	1.4408	J92900	19Cr, 11Ni, 3Mo, 1.5Si, 1.5Mn, Balance Fe
CG-8M ⁴⁾	1.4439	J93000	20Cr, 12Ni, 3Mo, 1.5Si, Balance Fe
CN-7M ⁵⁾		N08007	21Cr, 29Ni, 4Cu, 3Mo, 1.5Si, 1.5Mn, Balance Fe
Nickel alloys			
Monel 400	2.4360/2.4366	N04400	67Ni, 32Cu, 1Fe
Monel K-500	2.4375	N05500	66.5Ni, 30Cu, 3(Al, Ti)
Nickel 200	2.4060/2.4066	N02200	99.0 Ni min.
Hastelloy C-22	2.4602	<u>N06022</u>	<u>56Ni, 22Cr, 13Mo, 3Fe, 3W, 2.5Co, 0.5Mn, 0.08Si, 0.01C, 0.35V, 0.5Co</u>
Hastelloy C-276	2.4819	N10276	56Ni, 16Cr, 16Mo, 4Fe, 3W, 2.5Co
Inconel 600	2.4816	N06600	76Ni, 15Cr, 9Fe
Inconel 625	2.4856	N06625	60Ni, 22Cr, 9Mo, 5Fe, 4Nb
Inconel X-750	2.4669	N07750	74Ni, 15.5Cr, 7Fe, 2.5Ti, 1Al
Stainless steels, wrought			
304	1.4301/1.4306	S30400	19Cr, 9Ni, 2Mn, 1Si, Balance Fe
304L	1.4301/1.4306	S30403	19Cr, 9Ni, 2Mn, 1Si, Balance Fe
316	1.4401/1.4404	S31600	17Cr, 12Ni, 2Mn, 3Mo, 1Si, Balance Fe
316L	1.4401/1.4404	S31603	17Cr, 12Ni, 2Mn, 3Mo, 1Si, Balance Fe
321	1.4541	S32100	18Cr, 11.5Ni, Ti 5XC min., Balance Fe
347	1.4550	S34700	18Cr, 11.5Ni, Nb 8XC min., Balance Fe
410	1.4006/1.4024	S41000	13Cr, 1Mn, 1Si, Balance Fe
430	1.4016/1.4742	S43000	17Cr, 1Mn, 1Si, Balance Fe
17-4PH ⁶⁾	1.4542/1.4548	S17400	17Cr, 4Ni, 4Cu, 1Si, Balance Fe
X3 Ni Cr Mo 13-4	1.4313	S41500	13Cr, 4.5Ni, 1Mo, 1Si, Balance Fe
Carpenter 20 Cb-3	2.4660	N08020	35Ni, 20Cr, 3.5Cu, 2.5Mo, Balance Fe
Tin bronzes	2.1080	Various	85Cu to 89Cu, 5 Sn to 11Sn, 5 to 10 (Zn, Pb, Ni)
NOTES 1 EN MAT Number is listed in EN 10027-2, <i>Designation systems for steels. Numerical system</i> [56]. 2 UNS Number is listed in DS56L-EB, <i>Metal and Alloys in the Unified Numbering System (UNS)</i> [57]. ¹⁾ Aluminium bronzes not included ²⁾ Cast analogs of 304L/304 stainless steel ³⁾ Cast analogs of 316L/316 stainless steel ⁴⁾ Cast analog of 317 stainless steel ⁵⁾ Alloy 20 ⁶⁾ Age hardened condition			

[부록 2]

면제 압력 및 최소두께

Engineering alloys	Minimum thickness	Exemption pressure
Brass alloys ¹⁾	None specified	20.68 MPa (3000 psi)
Cobalt alloys ²⁾		
Stellite 6	None specified	3.44 MPa (500 psi)
Stellite 6B	None specified	3.44 MPa (500 psi)
Ultimet	3.18 mm (0.125 in)	7.0 MPa (1015 psi)
Copper ³⁾	None specified	20.68 MPa (3000 psi)
Copper-nickel alloys ^{1), 3)}	None specified	20.68 MPa (3000 psi)
Ferrous castings, non-stainless		
Gray cast iron	3.18 mm (0.125 in)	0.17 MPa (25 psi)
Nodular cast iron	3.18 mm (0.125 in)	0.34 MPa (50 psi)
Ni resist type D2	3.18 mm (0.125 in)	2.07 MPa (300 psi)
Ferrous castings, stainless		
CF-3/CF-8, CF-3M/CF-8M, CG-8M	3.18 mm (0.125 in)	1.38 MPa (200 psi)
CF-3/CF-8, CF-3M/CF-8M, CG-8M	6.35 mm (0.250 in)	2.6 MPa (375 psi)
CN-7M	3.18 mm (0.125 in)	2.58 MPa (375 psi)
CN-7M	6.35 mm (0.250 in)	3.44 MPa (500 psi)
Nickel alloys ³⁾		
Hastelloy C-22	3.18 mm (0.125 in)	9.70 MPa (1406 psi)
Hastelloy C-276	3.18 mm (0.125 in)	8.61 MPa (1250 psi)
Inconel 600	3.18 mm (0.125 in)	8.61 MPa (1250 psi)
Inconel 625	3.18 mm (0.125 in)	6.90 MPa (1000 psi)
Inconel X-750	3.18 mm (0.125 in)	6.90 MPa (1000 psi)
Monel 400	0.762 mm (0.030 in)	20.68 MPa (3000 psi)
Monel K-500	0.762 mm (0.030 in)	20.68 MPa (3000 psi)
Nickel 200	None specified	20.68 MPa (3000 psi)
Stainless steels, wrought		
304/304L, 316/316L, 321, 347	3.18 mm (0.125 in)	1.38 MPa (200 psi)
304/304L, 316/316L, 321, 347	6.35 mm (0.250 in)	2.58 MPa (375 psi)
Carpenter 20 Cb-3	3.18 mm (0.125 in)	2.58 MPa (375 psi)
410	3.18 mm (0.125 in)	1.72 MPa (250 psi)
430	3.18 mm (0.125 in)	1.72 MPa (250 psi)
X3 Ni Cr Mo 13-4	3.18 mm (0.125 in)	1.72 MPa (250 psi)
17-4PH ⁴⁾	3.18 mm (0.125 in)	2.07 MPa (300 psi)
Tin bronzes	None specified	20.68 MPa (3000 psi)
NOTES		
1 This table does not include all possible exempt materials. Other materials may be added based on the results of testing as described in 4.2.1.		
2 These exemption pressures are applicable for temperatures up to 200 °C (400 °F).		
3 Exemption pressure is defined in Section 3.		
¹⁾ Cast and wrought mill forms		
²⁾ These cobalt alloys are commonly used for weld overlay applications for wear resistance. Use at exemption pressures greater than those specified in this table should be justified by a risk assessment or further testing (as described in 4.2.1).		
³⁾ Nickel alloys have been used safely in some applications at thicknesses less than those shown in this table. Use of thinner cross sections should be justified by a risk assessment or further testing (as described in 4.2.1).		
⁴⁾ Age hardened condition		

지침 제개정 이력

□ 제정일 : 2021.10.00.

- 제정자 : 전남대학교 화학공학부 장 희
- 개정사유 : 산소를 취급하는 콜드박스 외부의 공기 분리 플랜트에 있는 금속 산소 배관, 분배 배관설비 및 가스 산소배관에 안전을 확보하는데 필요한 사항을 제정하여 사업장에서 이를 활용토록 하여 근로자의 안전을 도모하기 위함.
- 주요 제정내용
 - 안전설계
 - 배관, 밸브 및 부속설비 등
 - 세척, 제조 및 검사
 - 운영, 모니터링 및 유지보수
 - 일반 안전조치
- 참조된 규격 및 관련자료
 - EIGA, Doc. 13/20 Oxygen Pipeline and Piping Systems
 - KOSHA GUIDE D-51-2013 “장거리 이송배관 안전관리에 관한 기술지침”
 - KOSHA GUIDE, E - 38 - 2012, “접지선과 접속방법에 관한 기술지침”
 - KOSHA GUIDE, G - 4 - 2011, “배관내 이송물질 표시에 관한 안전가이드”
 - KOSHA GUIDE M-116 “기기 및 배관의 부식관리 기술지침”
 - KOSHA GUIDE, P-138 -2013 “산소 과잉 분위기의 화재 위험성 및 방지대책에 관한 기술지침”
 - KOSHA GUIDE, H-80 -2018 “밀폐공간 작업 프로그램 수립 및 시행에 관한 기술지침”
 - KOSHA GUIDE, P - 94 - 2019 “안전작업허가지침”
 - KOSHA GUIDE P - 101 - 2012 “비상조치계획 수립에 관한 기술지침”
 - KOSHA GUIDE P - 106 - 2016 “중대산업사고 조사에 관한 기술지침”