

KOSHA GUIDE

P-122-2012

반도체 공정에서 가스를 취급하는
벌크시스템의 안전에 관한 기술지침

2012. 11.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자: 명지대학교 김 태 옥

○ 제 · 개정 경과

- 2012년 11월 화학안전분야 제정위원회 심의(제정)

○ 관련 규격 및 자료

- NFPA 50, "Standard for Bulk Oxygen Systems at Consumer Sites", 2001
- NFPA 55, "Standard for the Storage, Use, and Handling of Compressed Gases and Cryogenic Fluids in Portable and Stationary Containers, Cylinders, and Tanks", 2007
- 산업안전보건연구원, "GHS 체계에 의한 유해위험성 분류 및 물질안전보건자료 작성", 2010

○ 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자: 2012년 11월 29일

제 정 자: 한국산업안전보건공단 이사장

반도체 공정에서 가스를 취급하는 벌크시스템의 안전에 관한 기술지침

1. 목적

이 지침은 독성, 질식성 및 인화성 가스를 취급하는 벌크시스템의 안전성 확보 및 효율적 운영을 위하여 가스 누출이 발생할 때 즉시 감지함으로써 초기 대응시간 단축과 2차적인 피해 확대를 방지하기 위해 벌크시스템의 안전에 필요한 사항을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 독성, 질식성 및 인화성 가스 벌크시스템을 사용하는 모든 경우에 적용한다.

3. 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다

(가) “벌크시스템(Bulk system)”이라 함은 사업장에서 사용하거나 취급하는 급성독성물질 및 인화성 가스를 대용량으로 저장·사용하기 위하여 튜브트레일러(Tube trailers), 탱크트레일러(Tank trailers), 저장탱크(Storage tank) 및 여러 개의 실린더를 저장하는 시스템을 말한다.

(나) “튜브트레일러(Tube trailers)”라 함은 고압가스를 저장 또는 이송하기 위한 용기의 하나로, 일반적으로 여러 개의 500 L 이상 대용량 수평형 실린더 용기를 차량 등에 적재한 형태를 말하며, 카트리지(Cartridges) 용기라고 불리기도 한다.

(다) “실린더(Cylinder)”라 함은 일반적으로 0.3 ~ 0.7 m 정도의 내경을 가진 고압가스용기로, 내용량이 0.5톤 미만의 수직형 용기를 말한다.

(라) “톤실린더(Ton cylinder)”라 함은 내용량이 약 5톤 이상을 저장할 수 있는 고압가스용기로, 수평형과 수직형의 용기를 말한다.

(마) “실병”이라 함은 실린더 또는 톤실린더에 고압가스가 충전된 상태를 말한다.

- (바) “공병”이라 함은 실린더 톤실린더에 충전된 고압가스를 소비한 후 비어있는 실린더 또는 톤실린더를 말한다.
- (사) “실차”라 함은 튜브트레일러 및 탱크 트레일러에 고압가스가 충전된 상태를 말한다.
- (아) “공차”라 함은 튜브트레일러 및 탱크 트레일러에서 내용물을 사용하고 난 후 비어있는 상태의 튜브트레일러 및 탱크트레일러 등을 말한다.
- (자) “로드셀(Load cell)”이라 함은 실린더 용기의 무게 감지용 저울을 말한다.
- (차) “고압가스”라 함은 20 ℃, 200 kPa 이상의 압력 하에서 용기에 충전되어 있는 가스 또는 냉동액화가스 형태로 용기에 충전되어 있는 가스(압축가스, 액화가스, 냉동액화가스, 용해가스 등)를 말한다.
- (카) “독성가스”라 함은 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 별표 1(위험물질의 종류)의 제7호에서 정의한 급성독성물질 및 「고압가스안전관리법 시행규칙」 제2조에서 정의한 독성가스를 말한다.
- (2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 「산업안전보건법」, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 정하는 바에 의한다.

4. 가스 벌크시스템의 위험요인

- (1) 일반적으로 벌크시스템을 이용하는 가스는 LC₅₀의 값에 따라 독성가스와 비독성가스로 분류될 수 있으며, 주요 특성을 비교하면 <표 1> 및 <표 2>와 같으며, 이들 자료는 한국산업안전보건공단에서 제공하는 GHS-MSDS에 근거한다.
- (2) 일반적으로 벌크시스템을 이용하는 인화성 가스는 <표 1>과 같이 독성위험을 동반하는 경우가 많으며, 비독성가스는 질식의 위험을 내포하고 있다.
- (3) <표 1>에 수록된 독성가스의 급성독성 여부는 <표 3>의 GHS 분류기준에 따라 판단한다.
- (4) 가스 벌크시스템은 <표 1> 및 <표 2>에 수록된 가스를 고압상태에서 대량으로 저장 또는 취급하기 때문에 누출 시 단시간 내에 대량의 가스가 주변으로 확산되어 물질의 고유한 위험성(독성 및 인화성) 외에 질식의 위험이 존재한다.

(5) 튜브트레이러나 실린더 형태의 벌크시스템에서 단일튜브 단일용기의 손상은 인접한 다른 튜브나 용기의 손상에 쉽게 영향을 미치므로, 도미노(Domino) 현상에 의한 2차 피해의 가능성이 높다.

<표 6> 독성가스의 주요 특성

가스	분자식	CAS No.	독성 특성 [ppm]		NFPA 위험성			기타 물성		
			LC ₅₀ ^{주1)}	TLV-TWA	보 건	화 재	반 응	끓는점 [℃]	증기압 [MPa] (@℃)	증기 밀도 ^{주2)}
실란	SiH ₄	7803-62-5	9,600	5	2	4	3	-112	-	1.3
포스핀	PH ₃	7803-51-2	11	0.3	3	4	2	-87.7	3.9 (@ 25)	1.17
암모니아	NH ₃	7664-41-7	4,608.7	25	3	1	0	-33	1 (@ 26)	0.59
염화수소	HCl	7647-01-0	4.2 mg/L (1 hr)	1	3	0	1	-85	11.7 kPa (@ -115)	1.3
염소	Cl ₂	7782-50-5	293 (1 hr)	0.5	4	0	0	-34	0.78 (@ 21)	2.5
디보란	B ₂ H ₆	19287-45-7	40	0.1	4	4	3	-92	3.7 kPa (@ 25)	0.96
불소	F ₂	7782-41-4	92.5	0.1	4	0	4	-188	26,931 ^{주3)} (@ 25)	1.3
불화수소	HF	7664-39-3	0.79 mg/L (1 hr)	0.5	4	0	1	19.51	0.12 (@ 25)	1.27

주1) 4시간, Rat을 기준으로 측정한 값

주2) 공기의 밀도를 1로 하였을 때의 증기밀도를 말함.

주3) 추정치

<표 7> 비독성가스의 주요 물성

가스	분자식	CAS No.	NFPA 위험성			기타물성	
			보건	화재	반응	끓는점 [°C]	증기밀도 ^{주1)}
헬륨	He	7440-59-7	-	-	-	-269	0.1
이산화탄소	CO ₂	124-38-9	2	0	0	-183	1.5
질소	N ₂	7727-37-9	-	-	-	-196	0.9
아르곤	Ar	7440-37-1	-	-	-	-186	1.4
산소	O ₂	7782-44-7	-	-	-	-183	1.1
이산화질소	N ₂ O	10024-97-2	2	0	0	-89	1.5
네온	Ne	7440-01-9	-	-	-	-246	0.7
크립톤	Kr	7439-90-9	-	-	-	-152	2.9

주1) 공기의 밀도를 1로 하였을 때의 증기밀도를 말함.

<표 8> 급성독성의 분류기준 (GHS)

구분	단위	구분 1	구분 2	구분 3	구분 4	구분 5
경구	(mg/kg) ^a	5	50	300	2000	
경피	(mg/kg) ^a	50	200	1000	2000	
기체	(ppm) ^{a,b}	100	500	2500	20000	
증기	(mg/L) ^{a,b,c}	0.5	2.0	10	20	
분진 및 미스트	(mg/L) ^{a,b}	0.05	0.5	1.0	5	

a : 급성독성값은 LD₅₀(경구, 경피), LC₅₀(흡입)값 또는 급성독성추정값(ATE)을 의미

b : 가스 농도는 ppm(체적 당 백만분의 1)을 단위로 함. 흡입시험의 결정값은 4시간 노출시험기준. 1시간 노출에 의한 기존의 흡입독성자료를 환산하고자 할 경우에는 기체 또는 증기는 2로 나누고, 분진 및 미스트는 4로 나눈다.

c : 화학약품에 있어서는 시험대상이 되는 조건이 기체뿐만 아니라 액체상과 기체상의 혼합물로 구성되는 경우도 있고, 화학물질에 있어서는 시험조건이 거의 기체상에 가까운 증기인 물질도 있다. 기체에 가까운 경우에는 ppm 농도로 구분한다. 분진, 미스트 및 증기의 용어는 아래와 같이 정의된다.

- 분진 : 가스(보통의 공기) 중에는 부유하는 물질 또는 혼합물의 고체 입자
- 미스트 : 가스 (보통의 공기)중에 부유하는 물질 또는 혼합물의 액적
- 증기 : 액체 또는 고체의 상태로 부터 방출된 가스 상의 물질 또는 혼합물

d : 구분 5의 판정기준은 급성독성의 유해성은 비교적 낮지만, 특정 상황에서는 고감수성 집단에 위험을 주는 물질을 식별할 수 있도록 하기 위하여 만들어 졌다. 이러한 물질은 LD₅₀(경구 또는 경피) 값이 2000-5000 mg/kg, 또는 흡입으로 동 정도의 투여량이라고 추정되고 있다. 아래를 참조한다.

※ 구분 5에 대한 특정의 판정기준

- (1) LD₅₀ 또는 LC₅₀이 구분 5의 범위 내에 있다는 것을 나타내는 증거가 있는 경우 또는 기타 동물시험 또는 사람에서의 결과가 사람의 건강에 대한 급성적인 우려가 시사되는 경우
- (2) 자료의 외삽, 추정 등에 의한 결과
 - 사람에 있어서 의미가 있는 자료가 있음 또는
 - 경구, 흡입 또는 경피 경로에 의해 구분 4까지의 시험한 결과 1마리의 사망이라고 확인되는 경우 또는
 - 구분 4까지 시험한 경우, 의미가 있는 독성의 임상증상(단, 하리, 입모, 피모 광택의 소실은 제외) 이 확인된 경우 또는
 - 기타 실험동물로부터 의미가 있는 급성작용의 가능성을 나타내는 정보가 확인된 경우

5. 일반 안전수칙

- (1) 가스 공급설비와 가스 누설검지기는 가스에 관한 충분한 지식을 가지고 있고, 교육을 받은 자에 한해 조작 및 관리가 이루어져야 한다.
- (2) 인화성 가스를 취급하는 가스 공급설비는 반드시 정전기 제거용 접지가 이루어져야 한다.
- (3) 비상시를 대비하여 충분한 보호구를 구비하여야 하며, 모든 근로자는 사용법을 숙지하여야 한다.
- (4) 실린더를 교체 시에는 전용공구를 사용하여 작업하여야 한다.
- (5) 가스 공급실 내의 온도는 23±2 ℃, 상대습도는 50±10 %를 유지하여 작업 시 발생할 수 있는 정전기에 의한 스파크를 방지하여야 한다.
- (6) 실린더 교체작업 절차서는 위험성 평가를 통해 도출된 위험요인과 이에 대한 안전대책을 충분히 반영하여 작성하여야 하며, 교체작업은 반드시 정해진 절차서를 준수하여 수행하여야 한다.
- (7) 실린더 교체 시에는 메인밸브(Main valve) 교체상태, 가스 이름, 모니터 상태, 가스킷(Gasket) 상태를 확인하고, 가스 캐비닛의 내부 청소를 실시한 후에 교체하여야 한다.
- (8) 배관에 설치되는 밸브는 개방시간이 지나치게 짧은 형식(Quick open type)을 사용하지는 아니 된다.
- (9) 점검실시 중 이상이 발생한 경우에는 반드시 이상발생을 조치완료한 후에 재점검

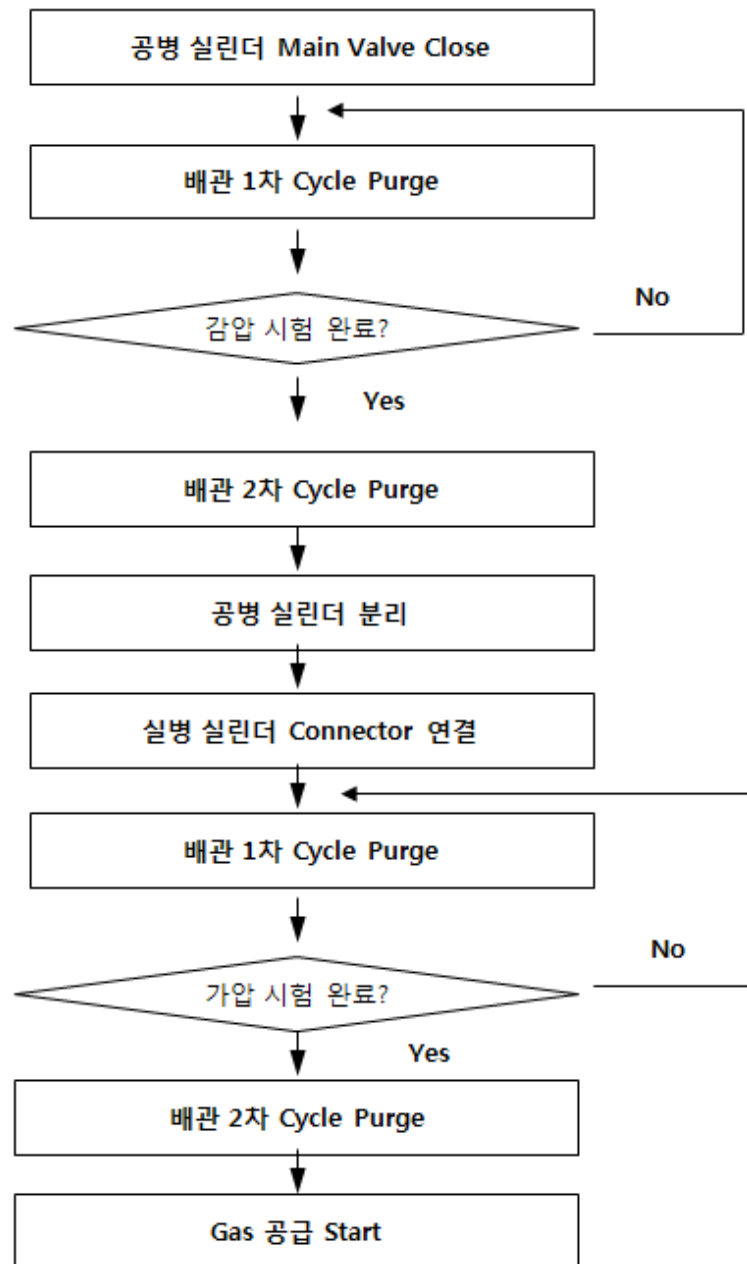
을 실시하여야 한다.

(10) 점검 중 불필요한 설비조작은 절대 금하여야 한다.

6. 가스 벨크시스템의 교체작업

6.1 가스 실린더 교체작업

- (1) 가스 보관소에서 가스 공급설과 작업장 내로 반입되는 실린더는 교체작업 전에 반드시 질소 및 와이퍼로 클리닝을 실시하여 이물질이 작업장 내로 유입되는 것을 방지한다. 특히, 작업장 내로 반입되는 가스 실린더는 외부를 깨끗하게 청소한 후 장착하여야 한다.
- (2) 가스 실린더를 운반할 때에는 지정된 대차를 사용하^고, 안전고리를 체결한 상태로 이동하여야 한다.
- (3) 가스 실린더를 교체하기 전에 이전에 사용했던 실린더 내부의 가스가 완전히 제거되었는지 확인하여야 한다.
- (4) 공병 탈착 시 상태를 확인하고, 정해진 작업순서에 의해 탈착한 후 지정된 대차를 이용하여 운반하여야 한다.
- (5) 실병을 가스 공급설비에 장착한 후에는 가스 실린더의 밸브 보호캡 및 밸브 풀림 방지용 비닐을 제거하여야 한다.
- (6) 실린더 모니터 부위를 확인하고, 이상이 없으면 와이퍼로 먼지, 수분, 유분 등의 오염물을 제거하여야 한다.
- (7) 새로운 실린더를 장착할 때에는 가스 누설방지를 위해 새 가스킷을 와이퍼로 닦은 후 사용하여야 한다. 이때, 가스킷은 1회 사용 후 폐기하는 것을 원칙으로 한다.
- (8) 새로운 실린더를 장착한 후에는 배관내의 잔류 공기 및 배관 청소를 목적으로 질소로 사이클론퍼지(Cycle purge)를 실행하여야 한다.
- (9) 가스 실린더를 교체작업한 후에는 질소 또는 헬륨을 이용하여 가압누설시험을 실시하여야 한다.
- (10) 가스 실린더의 가압누설시험을 완료한 후에 공급준비 또는 공급을 실시하여야 한다.



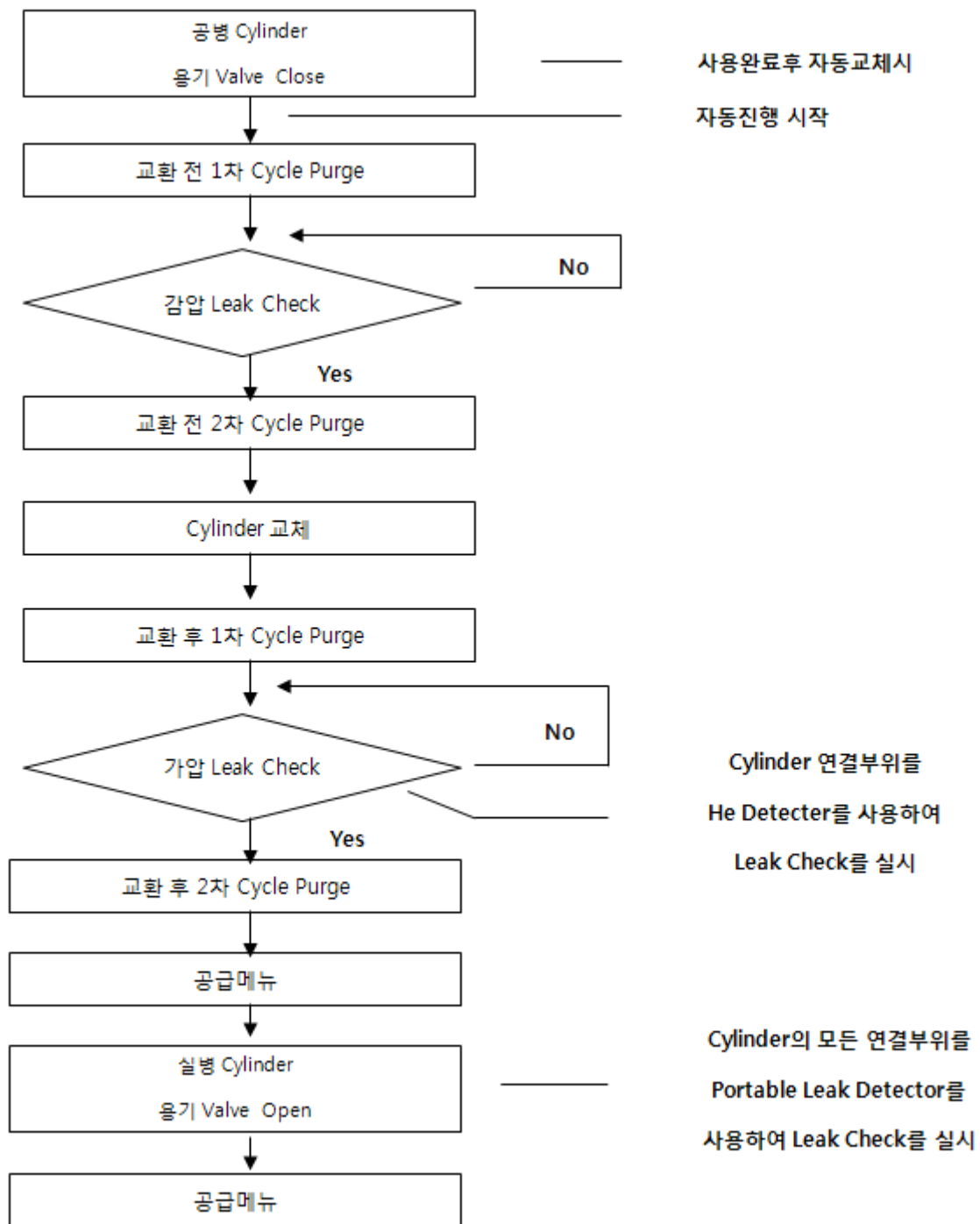
<그림 1> 가스실린더 교체작업 흐름도

6.2 톤실린더 교체작업

- (1) 모든 작업은 최소한 2명 이상이 조를 이루어 실시하여야 하며, 감독자 1명이 입회하도록 하여야 한다.
- (2) 실린더를 운반 시에는 지정된 대차를 사용하여 이동하여야 한다.
- (3) 공병이 자동으로 교체되는 시스템으로 운전되는 경우에는 용기의 메인밸브를 닫

은 후 자동교체시스템을 가동하여야 하여야 한다. 이 경우 배관 내 잔류가스를 배출시키면 라인 퍼지(Line purge) 작업이 자동으로 실시된다.

- (4) 자동교체시스템에서 실린더 교체단계에 도달하면 공병 체결부위를 분리하여야 한다.
- (5) 공병에 설치된 히터재킷(Heater jacket)을 분리한 후 지정된 대차를 이용하여 실린더를 교체하여야 한다.
- (6) 옥내 저장실로 반입되는 톤실린더는 교체작업 전 밸브 보호캡 및 비닐을 제거하고, 청소를 실시하여 이물질이 유입되는 것을 방지하여야 한다.
- (7) 실병을 로드셀로 이동하여 체결 가능토록 위치를 설정한 후 대차를 고정시켜야 한다.
- (8) 실병 체결 시 가스누설을 방지하기 위해서 가스킷을 사용하여야 한다. 다만, 가스킷은 1회 사용 후 폐기를 원칙으로 한다.
- (9) 실병 체결 후에는 관세정(Line cleaning)을 위해 질소를 이용하여 사이클론 퍼지를 실시하여야 한다.
- (10) 가압시험이 시작되면 실린더 연결부위를 헬륨검사기를 사용하여 누설검사를 실시하여야 한다.
- (11) 퍼지가 완료된 후에는 자동진행순서에 따라 계속 진행하여야 한다.
- (12) 가스를 배관 내에서 공급할 때 실린더 연결부위를 휴대용 누설검사기(Portable leak detector)를 사용하여 누설검사를 실시하여야 한다.
- (13) 교체작업이 완료되면 실린더 공급 현황판에 가스 명, 설치일자, 설치자, 압력 등 필요한 항목을 기입하여야 한다.

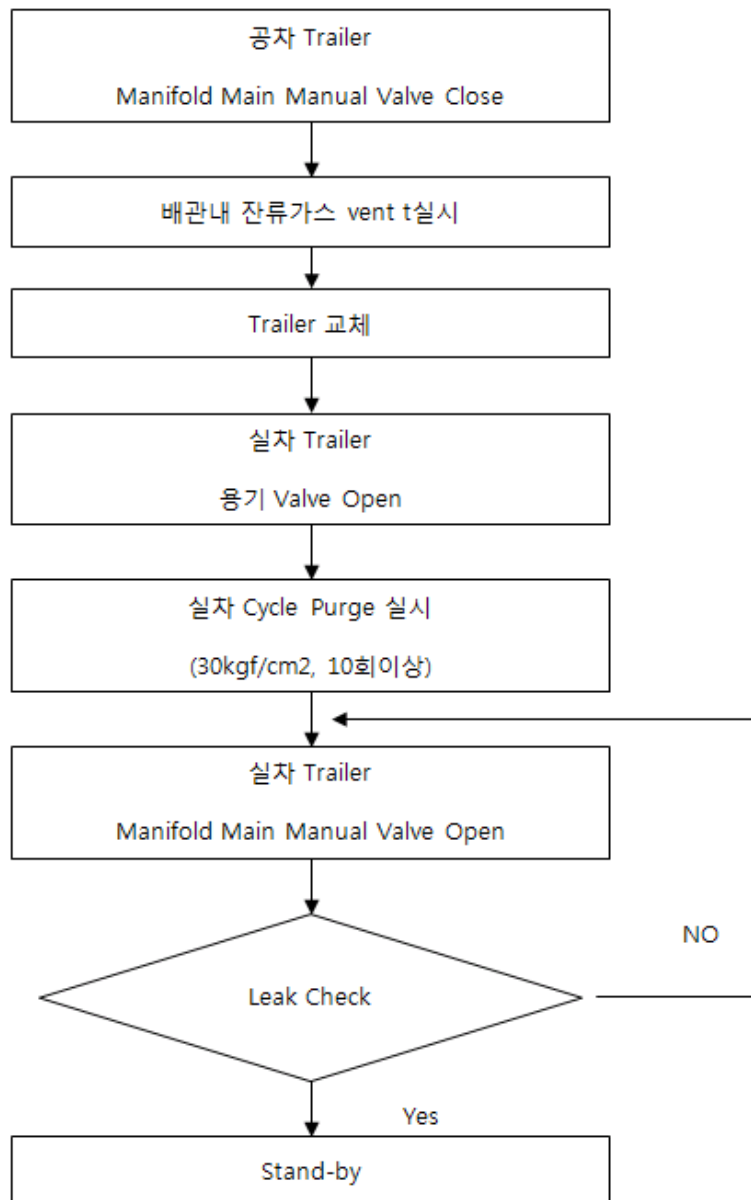


<그림 2> 톤실린더 교체작업 흐름도

6.3 튜브 트레이일러 교체작업

- (1) 모든 작업은 감독자 1명 입회하에 2인 1조로 작업을 실시하여야 한다.
- (2) 운반 시에는 운반용 기계를 사용하여 이동하여야 한다.

- (3) 옥외 저장실로 반입되는 트레일러는 교체작업 전 세정을 실시하여 이물질이 유입되는 것을 방지하여야 한다.
- (4) 공차는 자동교체 시 트레일러의 다기관메인밸브(Manifold main valve)와 다기관서브밸브(Manifold sub-valve)는 자동으로 닫히게 되지만, 트레일러 용기의 수동밸브는 수동작업으로 닫아야 한다.
- (5) 공차는 자동진행 전에 반드시 설정값을 확인하여야 한다.
- (6) 독성 및/또는 인화성 가스의 교체작업을 할 경우, 자동진행 전 반드시 소형소각로(Burn box) 및/또는 중화설비가 가동되고 있는가를 확인한 후 배출 및 자동진행을 시작하여야 한다.
- (7) 작업이 자동으로 진행되는 경우에는 ‘실린더 교체 단계’에서 트레일러와 플렉시블 호스(Flexible hose) 체결부위를 분리하여야 한다.
- (8) 운반용 기계를 이용하여 공차를 옥외저장실 밖으로 이동하여야 한다.
- (9) 실차를 옥외저장실 내로 이동하여 뒷바퀴에 고임목을 설치하고, 트레일러 뒷문을 열어 고정시킨 후 밸브 보호캡 및 비닐을 제거하여야 한다.
- (10) 실차 커넥터(Connector) 부위의 이상 유무를 확인하고, 이상이 있으면 와이퍼로 오염물을 제거하여야 한다.
- (11) 실차 체결 시 가스누설을 방지하기 위해 가스킷을 사용하여야 한다. 다만, 가스킷은 1회 사용 후 폐기를 원칙으로 한다.
- (12) 실차 체결 후에는 트레일러의 모든 용기의 밸브를 열고, 송유관 세정을 위해 헬륨을 이용하여 사이클론 퍼지를 실시하여야 한다.
- (13) 퍼지를 완료한 후에는 트레일러의 다기관메인밸브를 열고, 헬륨검사로 누설검사를 실시하여야 한다.
- (14) 가스를 배관 내에 공급하기 위해 용기의 모든 밸브를 열어야 하여야 한다.
- (15) 트레일러 교체작업 중 누설발생 시에는 누설위치 및 조치 후 재시험을 실시하여야 한다. 이때, 조치가 불가능한 경우에는 발생 즉시 선임자에게 보고 조치토록 한다.
- (16) 교체작업이 완료되면 트레일러 공급 현황판에 가스 명, 설치일자, 설치자, 압력 등 필요한 항목을 기입하여야 한다.



<그림 3> 튜브트레일러 교체작업 흐름도

7. 비상대응 및 개인보호구의 착용

- (1) 가스 실린더를 교체하기 전에 비상구, 소화기 비치위치, 비상샤워설비(Emergency shower) 또는 세안기(Eye shower) 위치 등을 확인하여야 한다.
- (2) 교체하고자 하는 가스 실린더의 위험성을 고려하여 해당물질의 GHS-MSDS 제8항(노출방지 및 개인보호구)에 제시된 개인보호구를 비치하고, 작업 시 개인보호구를 착용하여야 한다.

- (3) <표 1>에 수록된 물질 중 염소, 불화수소, 포스핀 등은 노출농도에 따라 호흡용보호구의 종류가 달라지므로 특히 유의하여야 한다.
- (4) 개인보호구 착용 시 호흡용보호구에 필터가 장착되는 경우에는 필터의 유효기한을 확인하여야 한다.
- (5) 인화성 가스를 취급하는 경우에는 제전복과 제전화를 착용하여야 한다.
- (6) <표 1>에 수록된 물질 중 NFPA 화재위험성이 있는 물질뿐만 아니라 화재 위험성이 없다고 제시된 물질이라고 해도 해당물질과 관련하여 인근에서 화재가 발생할 경우를 대비하여 해당물질의 GHS-MSDS 제5항(폭발·화재 시 대처방법)을 참조하여야 한다.
- (7) 염화수소의 경우 NFPA 화재위험성은 0이지만 과열하면 폭발할 수 있으므로, 주의하여야 한다.
- (8) <표 1>에 수록된 물질 중 인화성이 높은 포스핀, 실란, 디보란 및 암모니아 등의 경우, 해당 물질과 관련된 화재 시 알콜포말, 이산화탄소 또는 물분무를 사용하여 화재를 진압하는 것이 바람직하다.