

가스 상태에 의한 분류

※ 임계온도-가스를 압력에 의해 액화시킬 때 최고의 온도로 액체와 기체의 경계 온도

- ① 압축가스: 상온에서 압축하여도 액화하기 어려운 가스로 임계온도가 낮아 저장 탱크에 취급하는 상태가 기체인 것
상용온도 혹은 35°C에서 압력이 10 Kgf/cm² (1Mpa) 이상이 되는 가스 (단 아세틸렌은 0 Kgf/cm² 이상)
수소(H₂), 산소(O₂), 질소(N₂), 메탄(CH₄), 아르곤(Ar) 등
- ② 액화가스: 상온에서 가압 및 냉각에 의해 비교적 쉽게 액화되고 임계온도가 높아 저장탱크에 액체상태로 충전된 가스
상용온도에서 압력이 2 Kgf/cm² 이상이 되거나 2 Kgf/cm² (0.2Mpa) 이상이 되는 온도가 35°C 이하인 가스
프로판(C₃H₈), LNG, LPG, 염소(Cl₂), 암모니아(NH₃), 이산화탄소(CO₂), 산화에틸렌(C₂H₄O) 등

※ 도시가스 사업법에서는 압력을 Mpa 로 표기

- ③ 용해가스: 15°C 에서 압력이 0 kg/cm² 을 초과하는 가스로 용매를 추진시킨 다공물질에 용해시켜 사용되던 가스
아세틸렌(C₂H₂), 액화브롬화메탄(CH₃Br), 액화산화에틸렌(C₂H₄O), 액화시아나화수소(HCN)

가스 성질에 의한 분류

- ① 가연성가스: 폭발한한 10% 이하이거나 상, 하한의 차이가 20% 이상인 가스 - 프로판(C₃H₈), 에틸렌(C₂H₄), CO 등
- ② 조연성가스: 가연성가스가 연소할 수 있게 연소를 돕는 가스 - O₂, O₃, Cl₂, N₂O 등
- ③ 불연성가스: 연소하지도 못하고 다른 물질을 연소시키는 성질도 없는 산화하지 않는 가스 - CO₂, N₂ 등
불활성가스: 공기와 반응하지 않는 가스 - 아르곤(Ar), 헬륨(He), 네온(Ne), 크세논(제논,Xe) = 불연성가스라고도 함
- ④ 독성가스: 허용농도가 100 만분의 5000 이하인 것 (1 PPM은 백만분의 일) - 염소(Cl₂), 암모니아(NH₃), CO 등
※ 허용농도 : 보통 건강한 사람이 1일 8시간씩 계속 작업을 해도 건강에 이상이 없는 농도

	가 스 명	화 학 식	분 자 량	비 점	비 중	폭 발 한 계	허 용 농 도	특 성
			g/mole	1atm℃	Air 기준	%	ppm	
압 축 가 스	공기	Air	28.8	-185.7	1			조연성
	산소	O ₂	32	-183	1.105			조연성
	수소	H ₂	2	-252.8	0.089	4 ~ 75		가연성
	질소	N ₂	28	-196	0.967			불연성
	일산화탄소	CO	28	-191.5	0.968	12.5 ~ 74	50	가연성, 독성
	일산화질소	NO	30	-151.7	1.037		25	독성
	아르곤	Ar	39.95	-186	1.38			불연성
	헬륨	He	4	-268.9	0.137			불연성
	네온	Ne	20	-245.9	0.695			불연성
	제논	Xe	131	-108.1	4.53			불연성
	메탄	CH ₄	16	-161.6	0.555	5.3 ~ 14		가연성
에탄	C ₂ H ₆	30	-89	0.694	3 ~ 12.5		가연성	
액 화 가 스	아세틸렌	C ₂ H ₂	26	-84	0.906	2.5 ~ 81		가연성
	암모니아	NH ₃	17	-33.3	0.587	15 ~ 28	25	가연성, 독성
	염소	Cl ₂	70.91	-34	2.49		1	조연성, 독성
	포스겐	COCl ₂	99	8.2	3.4		0.1	불연성, 독성
	염화수소	HCl	36.5	-122	1.268		5	불연성, 독성
	황화수소	H ₂ S	34.1	-5.9	1.189	4.3 ~ 45	10	가연성, 독성
	불소	F	38	-188.1	1.8		0.1	조연성, 독성
	이산화탄소	CO ₂	44	-78.5	1.54		5000	불연성, (유독)
	이산화질소	NO ₂	46	21.1	1.58		5	조연성, 독성
	아산화질소	N ₂ O	44	-89	1.530			조연성
	이산화황	SO ₂	64.1	-10	2.264	(아황산가스)	5	불연성, 독성
	이황화탄소	CS ₂	76.1	46.3	1.297	1.25 ~ 44	20	가연성, 독성
	시아나화수소	HCN	27	20	0.94	6 ~ 41	10	가연성, 독성
	브롬화수소	HBr	80.92	-66.7	3.5		3	불연성, 독성
	브롬화메탄	CH ₃ Br	94.94	3.56	1.732	13.5 ~ 14.5	5	가연성, 독성
	에틸렌	C ₂ H ₄	28	-103.7	0.974	3.1 ~ 32		가연성
	산화에틸렌	C ₂ H ₄ O	44	6	1.49	3 ~ 80	50	가연성, 독성
	프로판	C ₃ H ₈	44.1	-42	1.550	2.2 ~ 9.5		가연성
	부탄	C ₄ H ₁₀	58.1	-0.5	2.076	1.9 ~ 8.5		가연성
메탄올	CH ₃ OH	32	64.7	0.79	7.3 ~ 36	200	가연성	
염화메탄	CH ₃ Cl	50.49	-23.76	1.74	8.1 ~ 17.4	100	가연성, 독성	

가연성 가스의 폭발 상, 하한 값 - 암기용

수소 (H ₂) : 4 ~ 75% (사철오수)	암모니아 (NH ₃) : 15 ~ 28% (암일오 이팔)
메탄 (CH ₄) : 5.3 ~ 14% (메오 삼일사)	아세틸렌 (C ₂ H ₂) : 2.5 ~ 81% (아이오 팔일)
에틸렌 (C ₂ H ₄) : 3.1 ~ 32% (삼일삼이에)	산화에틸렌 (C ₂ H ₄ O) : 3 ~ 80% (삼팔공산에)
프로판 (C ₃ H ₈) : 2.2 ~ 9.5% (푸들이 구오)	부탄 (C ₄ H ₁₀) : 1.9 ~ 8.5% (부일 구팔오)
시안화수소 (HCN) : 6 ~ 41% (시안 육사일)	황화수소 (H ₂ S) : 4.3 ~ 45% (황사 삼사오)
메탄올 (CH ₃ OH) : 7.3 ~ 36% (메칠 삼삼육)	일산화탄소 (CO) : 12.5 ~ 74% (일산 일이오칠사)

수소 (H₂, 가연성, 4~75%) : 가장 흔하며 가볍고 유일한 비금속 원소, 무색, 무미, 무취의 가연성 기체, 열전도도가 매우 크고 확산속도 가장 빠름(산소의 4배), 염소, 불소(플루오르)에 민감하게 반응
 ※그레이엄의 확산속도의 법칙 - $\sqrt{b/a}$ 수소 분자량 : 1 산소 분자량 : 16 $\sqrt{16/1}$ 확산속도 = 4 : 1
 폭발속도 : 1400 ~ 3500 m/sec, 확산속도는 18 km/sec, 액화되지 않음

수소폭명기 : 수소와 산소가 2 : 1의 체적비로 격렬하게 반응하며 물을 생성 → 530°C 이상이면 폭발
 $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ (화학적 폭발의 예 - 고온가열)

염소폭명기 : 수소와 염소가 1 : 1의 체적비로 빛과 접촉하면 심하게 반응 → 폭발
 $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$ (촉매 폭발의 예 - 촉매 : 빛)

※ **할로겐 원소류와 격렬히 반응 → 폭발** (F₂ (불소), Cl₂ (염소), Br₂ (브롬화메탄), I₂ (요오드) - 불염브요)
수소 탈탄 : 고온 고압하에서 강재의 탄소와 반응하여 생성된 메탄이 결정입계에 축적되어 취성을 발생시키는 현상
 ① 반응식 : $Fe_3C + 2H_2 \rightarrow CH_4 + 3Fe$ (탈탄작용 = 수소취화 = 수소취성)
 ② 탈탄방지 재료 : 5~6% 크롬강, 18-8 스테인레스강 (오스테나이트계) → **내식성 금속**
 ③ 탈탄방지 원소 : Ti(티탄), V(바나듐), Mo(몰리브덴), W(텅스텐), Cr(크롬) - 티바몰텅크

수소+황=황화수소, 수소+질소=암모니아, 수소+염소=염화수소, 기타 많은 금속과도 직접 반응하여 수화물 생성
수소 제조법 : 탄화수소의 열분해(수증기개질법=천연가스분해법), 수성가스 및 코크스 등에서 분리, 물의 전기분해
 용도 : 암모니아, 염산, 메탄올 등의 합성에 대량으로 사용, 액체수소는 끓는점이 아주 낮기 때문에 냉각제로 사용
 무게용기(용접되지않은용기) → 용기밸브는 원나사(가연성가스), 안전밸브는 가용전식, 파열판식
 용기색은 주황색, 연 글자표시 **품질검사** : 알카리성 피로칼륨용액, 하이드로 쉘파이드 시약, 순도 98.5% 이상

산소 (O₂, 조연성) : 공기 중 21% 존재하며 무색, 무취, 무미, 물에 잘 녹고 액체상태일 때는 얼은 푸른색
 할로겐원소, 백금, 금, 은 등의 귀금속과 비활성 기체 이외의 모든 원소와 화합하여 산화물생성
 산소 또는 공기 중에서 무성방전을 시키면 오존 (O₃)이 된다 ※ 물의 전기분해 (2H₂O → 2H₂ (음) + O₂ (양))
 산소 농도는 18~22% 미만으로 유지할 것 (60% 이상의 산소를 12시간 흡입 시: 폐출혈, 사망, 실명)
산소 압축기의 윤활유 : 물 또는 10% 이하의 묽은 글리세린수 파열판식 안전밸브 사용
공기 액화 분리 : 산소 (-183°C), 아르곤 (-186°C), 질소 (-196°C)의 비점을 이용하여 하부정류탑 상부에서는 질소를, (줄뜸순효과) 상부정류탑 하부에서는 산소를 얻는 방법 (액산아질-액화시키면 산소, 아르곤, 질소 순)
 ※ 수소, 산소의 용기 충전압력 : 35 °C에서 120 kg/cm² 이상의 압력으로 충전 (11.8 Mpa)

아세틸렌 (C₂H₂, 가연성, 2.5~81%) : 무색기체, 상온이거나, 불순물로 인한 특유의 냄새가 있고 액화되지 않음 (승화)
불순물 : PH₃ (포스핀=인화수소), H₂S (황화수소), NH₃ (암모니아), CO (일산화탄소), CH₄ (메탄)
 폭발형태 : ※ 산소가 없어도 2 기압 이상에서 점화하면 폭발
 ① 산화폭발 : 산소와 혼합하여 점화하면 폭발 ② 분해폭발 : 흡열 화합물로 압축하면 분해폭발의 우려
 ③ **화합폭발** : 금, 은, 구리와 접촉하면 아세틸라이드 생성 → 폭발 구리 반응식 : $C_2H_2 + 2Cu \rightarrow Cu_2C_2 + H_2$
용제 : 아세톤, 디메틸포름아미드(DMF - 비중 0.795 이하 유지) 아세톤 1ℓ 에 아세틸렌 25ℓ 용해
다공도(%) : 75 % ~ 92 % 미만(측정온도 20°C) $(V-E) / V \times 100\%$ V : 다공물 용적 E : 침윤 잔용적
 다공성물질 : 석면, 규조토, 목탄, 석회, 탄산마그네슘, 산화철, 다공성 플라스틱 등
 다공물질 구비조건 : 고다공도, 기계적 강도가 크고 가스 충,방전이 쉬우며 안전성이 있고 경제적, 화학적으로 안정할 것
제조법 : 건식 : 카바이트(탄화칼슘)에 물을 분사 → 물과 반응하여 생성 습식 : 다량의 물에 탄화 칼슘을 투입
아세틸렌 생성식 : $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$ 건조제 : 염화칼슘 (CaCl₂)
 청정기 : 카바이트에서 발생한 아세틸렌 내의 불순물을 제거하는 장치 (청정제 : 에퓨렌, 카다리솔, 리가솔)
 칼슘 카바이트 주의사항 : 습기 제거 및 취급 주의, 인화성-가연성 혼합 적재금지, 통풍 양호하게, 전기설비 방폭, 화기 주수 금지 표시, 드럼통 개방시 아세틸렌 방출하면서 개방
 아세틸렌 발생기의 표면 온도는 70°C 이하로 유지 **안전밸브는 가용전식 (105 ± 5°C)**
충전작업 : 15°C에서 최고 충전압력, 온도에 상관없이 25 Kg/cm² (2.5Mpa) 이하로 충전, 충전후 24시간 정치 → 15°C 에서 15.5 Kg/cm² (1.5Mpa) 이하가 될 때까지 정치
아세틸렌에 접촉하는 부분은 동 또는 동 함유량 62% 이하만 사용 (폭발위험)
 정성시험에 사용되는 시약은 질산은 **누설 감지** : 염화제1동착염지 → 적갈색 변화 (아염적)

※ TW : 아세틸렌 충전용기에서 용기의 무게에 다공물질, 용제, 밸브 및 부속품을 모두 합한 질량(Kg)으로 용기에 표시

염소 (Cl₂, 조연성, 독성, 1 PPM) : 자극성 냄새가 나는 황록색 기체, 산화제, 표백제, 살균제로 사용
염소폭명기 : 수소와 염소가 1 : 1 의 체적비로 빛과 접촉하면 상온에서 심하게 반응 → 폭발
 암모니아와 반응하여 염화암모늄 생성 (흰색 연기발생) 습기나 물에 접촉하면 염산을 생성하여 강재를 부식
 염소용기 탱크 재료는 보통 **탄소강에 무게목용기**, 갈색용기 (염갈산)
 안전밸브는 가용전식 (65 ~ 68°C 내외) **건조제 : 진한 황산 (기체염소를 만들 때 수분제거)**
재질 : 밸브는 황동, 스프링 재질은 18-8 스테인레스강, 패킹 재질은 석면 ※ 주강도 사용
 용도 : 수돗물, 냉장 및 냉동제품 살균, 락스제조, 화학공업 및 폭발물제조, 포스겐, 클로로프렌, 염화비닐, 염화수소 제조
 염소와 물의 반응 : Cl₂ + H₂O → HCl + HClO HClO → HCl + O ※ 염소가스는 충전하기 전 음향검사
제독제 : 가성소다, 탄산소다, 소석회 ※ 신체 접촉시 심각한 화상, 10 ppm 이상 흡입시 신체 장기가 녹을 수 있음
누설감지 : KI 전분지를 이용 → 청갈색 변화 (**염기형**) = 할로겐류에도 KI 전분지 사용 (불염브요)

암모니아 (NH₃, 가연성, 독성, 15~28%, 25 PPM) : 무색, 물에 잘 녹고 상온에서는 특유의 자극적인 냄새가 나는 기체
암모니아 장치 및 계기에는 동, 황동, 동합금 사용하며 흡수제는 물, 묽은 염산, 묽은 질산
 구리, 아연, 은, 코발트 (구아코은) 등의 금속이온과 반응하여 착이온(이온이 결합하여 생긴 새로운 이온) 형성
 알루미늄 합금을 사용 시 심한 부식성 (고온 고압하에서 질화 및 수소취화 작용)
암모니아 실내 사용시 50 PPM, 경보농도 16배에서 30초 이내에 경보 발신
 암모니아 합성 촉매는 산화철을 주 촉매로 사용하며 원료가스는 수소와 질소
 암모니아 내용적 500ℓ 미만은 3년, 500ℓ 이상은 5년마다 재검사
제조방법 : ① **고압합성법** : 클라우즈법, 카자레법 ② **저압합성법** : 구데법, 켈로그법
 산화반응식 : 4NH₃ + 5O₂ → 4NO + 6H₂O ※ 암모니아의 최대용도는 요소비료제조
누설감지 : 적색 리트머스지 → 청색 변화 (**암리형**) 네슬러 시약 사용 → 적갈색 변화

시아나화수소 (HCN, 가연성, 독성, 6~41%, 10 PPM) : 특이한 냄새, 물, 에테르, 에탄올 등에 녹음
장시간 보관 시 중합폭발 (충전 후 60일 경과 전에 다른 용기로 옮길 것) 충전 후 24시간 정지
 수분이 2% 이상 되면 중합반응. 용도 : MMA제조, 염화시아닐, 아크릴로니트릴, 살충제
중합폭발방지 안정제 : 염화칼슘(CaCl₂), 인산(H₃PO₄), 오산화인(P₄O₁₀), 아황산가스(SO₂), 황산(H₂SO₄)
 제조법 : 앤드류소오법(1000~1100°C 촉매:10% 로듐을 함유한 백금), 폼아미드법(400~600°C 촉매:알루미늄,제올라이트)
누설감지 : 1일 1회 이상 초산벤지민지(질산구리벤젠지)로 누출을 검사 → 청색 변화 (**시초청**)

포스겐 (COCl₂, 독성, 0.1 PPM) : 원래는 무색이나 담황록색 액체로 판매(위험, 독성물질), 벤젠, 에테르에 잘 녹음
 수분 존재시 상온에서 가수분해로 염산을 생성 → 금속 부식, 가수분해반응식 : COCl₂ + H₂O → CO₂ + 2HCl
 제조 : **일산화탄소와 염소를 다공성 활성탄에 통과** 용도 : 농약, 의약품
제독제 및 보유수량 : ① 가성소다수용액 - 390 Kg ② 소석회 - 360 Kg
 반응식 : CO + Cl₂ → COCl₂ 포스겐 자체는 폭발성, 인화성 없음
 포스겐 확인법 : 하리슨 시험지 이용 → 심등색(오렌지색) 변화 (**포하심**)

LNG (메탄 CH₄, 가연성, 액화천연가스, 5.3~14%) : 무색, 무취, 무독성, 증발하였을때는 가연성, 냉동, 질식 위험
 천연가스의 주성분인 메탄을 저장과 운송을 위해 액화하여 저장 및 운반 (1/600 배 부피감소, LPG가스는 1/250 배)
 공기에 대한 비중: 0.55 비점: -162°C, 임계 온도 : -82°C, 임계 압력 : 458atm
 용도 : 메탄 + 염소 - 메틸클로라이드, 메틸렌클로라이드, 크로로포름, 사염화탄소 제조
 불완전 연소나 열 분해에 의해 카본블랙제조 안정적이며 치환반응만 한다
 특징 : ① 환경문제가 없다, ② 냉열 이용이 가능하다 ③ 기화 장치가 필요하다,
 LNG로부터 기화한 가스는 공기보다 가벼워서 누설 시 바닥에 체류하지 않음, 비점 이하의 저온에서는 단일 용기에 저장
 천연가스로부터 LPG 회수 : 냉각법, 흡수법, 흡착법 천연가스로부터 LPG 얻는법 : 냉동액화법, 압축냉각법

LP가스 (프로판 : C₃H₈, 2.2~9.5%, 부탄 : C₄H₁₀, 1.9~8.5%, 가연성) : 무색, 투명, 알콜과 에테르에 용해
 용기 재질: **탄소강, 계목용기** 밸브 : 단조 황동 안정장치 : 스프링식
 석유류, 동, 식물류, 천연 고무 잘 용해시킴 연소 속도는 다소 느리지만 발열량이 크고 공기보다 무겁다

일산화탄소 (CO, 가연성, 독성, 12.5~74%, 50 PPM) : 철재 금속과 반응하여 금속산화물(금속카보닐)을 생성
누설감지 : 염화파라듐지 → 흑색변화 (**일파흑**) ※ CO 는 가스압이 높아지면 연소범위는 좁아진다

이산화탄소 (CO₂, 유독성, 5000 PPM) : 무색, 무취, 불연성, **고체는 드라이아이스**: 약 100atm, 청량음료, 냉각제
 에틸렌 (C₂H₄, 가연성, 3.1~32%) : 아세틸렌을 수소화시켜 에틸렌생성 (촉매 : Ni, 파라듐) → **탄화수소의 열분해**
산화에틸렌 (C₂H₄O, 가연성, 독성, 3~80%, 50 PPM) : 물과 반응시 에틸렌글리콜 생성, 희석제는 수증기, 질소
 저장탱크 및 **충전용기 45 °C에서 그 내부가스의 압력이 0.4 Mpa 이상**이 되도록 질소가스, 탄산가스를 충전
 저장탱크의 내부는 질소 및 탄산가스로 치환한 후 5°C 이하로 유지 → 산, 알칼리 금지

황화수소 (H₂S, 가연성, 독성, 4.3~45%, 10 PPM) 흡수제는 탄산소다, 암모니아수 연당지 → 회흑색 반점 (황당회)

메탄올 = 메틸알콜 (CH₃OH, 가연성, 유독성, 7.3~36 %, 200 PPM) : 무색의 휘발성 액체이고, 수소와 결합

메탄올 합성 반응 시 일산화탄소로 인한 철 카보닐 생성 (방지법 : 반응설비 내면 동 라이닝)

메탄올 제조시 CO₂ 외 메틸 알콜이 부수적으로 생성, 촉매는 산화아연, 산화크롬

브롬화메탄 (CH₃Br, 가연성, 독성, 13.5~14.5% 5 PPM) : 폭발 하한이 높아서 방폭 구조는 하지 않고 오른나사 사용

NO₂ (이산화질소) 확인법 : 술파닐산 알파 나프틸아민의 아세트산 산성용액에 통과 → 분홍색 변화

SO₂ (아황산가스) 제독제 : 가성소다 수용액(수산화나트륨=양잿물), 탄산소다 수용액, 물

독성가스 허용 농도(ppm): COCl₂, F : 0.1, Cl₂ : 1, H₂S, HCN : 10, NO, NH₃, C₆H₆(벤젠) : 25, CO, C₂H₄O : 50
2중관으로 설치해야 하는 가스의 2중 관 규격 : 바깥관 안지름은 내부관 바깥 지름의 1.2 배 이상

※ 암모니아(NH₃), 염소(Cl₂), 아황산가스(SO₂), 산화에틸렌(C₂H₄O), 시안화수소(HCN), 황화수소(H₂S), 포스겐(COCl₂)

독성가스는 “ 독 ”, 가연성 가스는 “ 연 ” 자로 적색 표시, ※ 수소는 백색 표시

※ 가연성 가스는 왼나사 원칙 단, 암모니아, 브롬화메탄은 오른나사 → 폭발하한이 10% ↑, 상, 하한의 차가 20% ↓

※ 가연성이며 독성가스 : 암모니아, 일산화탄소, 이황화탄소, 황화수소, 시안화수소, 산화에틸렌, 브롬화메탄, 벤젠

구리 사용금지 가스 : 아세틸렌 (C₂H₂), 암모니아 (NH₃), 황화수소 (H₂S)

용기 도색 : 산소-녹, 아세틸렌-황, 이산화탄소-청, 수소-주황, 암모니아-백색, 염소-갈색, LPG,프레온 및 기타-회색

문자 도색 : 수소-백색, 산소-백색, 아세틸렌-흑색, 암모니아-흑색 LPG-적색,

의료 용기 도색 : 산소-백색, 질소-흑색, 이산화질소-청색

오르자트 분석법 : CO₂, O₂, CO등이 혼합되어 있을 때 차례대로 흡수액에 흡수시켜 흡수된 부피의 비로 가스를 분석
3 종류 이내의 분석에 이용되며 서로 다른 흡수액이 선택적으로 흡수가 가능할 때 가능한 방법

순서 : ① CO₂ : KOH 30% 수용액 이코삼 ② O₂ : 알칼리성 피로갈롤 용액 산알피 ③ Co : 암모니아성 염화 제1구리용액 일염구

위험 분위기

-지속적인 위험 분위기 (연간 1000 시간 이상) : 폭발성 가스 혹은 증기가 폭발 가능한 농도로 존재하는 지역 → 제 0 종

-간헐적 위험 분위기 (연간 10~1000 시간) : 가스가 위험 수준 이상으로 존재할 수 있는 지역 → 제 1 종

-이상 상태에서의 위험분위기(연간 ~10 시간) : 위험한 증기나 가스가 때때로 유입될 수 있는 지역 → 제 2 종

※ 가연성 가스의 전기 설비는 방폭 구조로 한다. 단, NH₃, CH₃Br(브롬화메탄)은 제외 - 이유 : 폭발하한이 높기 때문
압력방폭(EX p): 용기내에 보호가스를 넣어 높은 압력을 유지하여 폭발성 분위기가 내부에 유입되지 않는 구조 - 1, 2종

안전증방폭(EX e): 정상 운전중에 점화원 방지를 위해 기계적, 전기적, 온도적으로 안전도를 높이는 구조 - 2종

유입방폭구조(EX o): 폭발성가스에 점화될 수 있는 부분을 기름으로 채워 가스, 증기에 인화되지 않는 구조 - 1, 2종

내압방폭(EX d): 용기 내 폭발시 용기가 폭발 압력에 견디고, 외부에 불꽃의 전파를 방지하는 구조 - 1, 2종

본질안전방폭(EX ia ib): 사고시 전기불꽃이 가스에 점화되지 않도록 폭발점화원의 발생이 방지된 구조 - 0 (ia), 1, 2종

몰드방폭(EX m): 전기불꽃, 고온 발생 부분을 컴파운드로 밀폐한 구조

특수방폭(EX q): 폭발성 가스나 증기로 인한 점화를 방지하는 구조로 시험 및 기타의 방법으로 확인된 구조

안전 간격 : 8ℓ 정도의 구형 용기안에 폭발성 혼합가스를 채우고 점화 시,

외부의 폭발성 혼합가스에 화염을 전달시킬 수 없는 한계의 틈 → 간격이 작은 가스일수록 위험

① 폭발 1등급 : 안전간격 0.6mm이상 → 일산화탄소(CO), 암모니아(NH₃), 프로판(C₃H₈), 에탄(C₂H₆), 아세톤(C₃H₆O)

② 폭발 2등급 : 안전간격 0.4 ~ 0.6mm → 에틸렌(C₂H₄), 석탄가스

③ 폭발 3등급 : 안전간격 0.4mm이하 → 아세틸렌(C₂H₂), 수소(H₂), 이황화탄소(CS₂), 메탄올(CH₃OH)

※ 아세틸렌 (C₂H₂) 과 수소 (H₂) 가스는 조건에 따라서 0.1mm 이하의 간격도 화염이 통과 → 고 위험가스
이황화탄소 (CS₂) 는 발화도에 대해 가장 위험하다 → 착화점 : 100℃, 인화점 : -30℃

긴급차단장치 : 비상 사태시 가스를 차단시켜 피해를 최소로 줄이기 위해 설치

보안전력장치 : 정전시 자동제어장치들이 정상 작동할 수 있도록 하는 장치

보안전력장치 조건 : 전압 전원이 ±10% 내에서도 정상작동하고 온도 변화 시 성능이 저하되지 않을 것

인터록기구 : 고압가스의 종류, 온도 및 압력과 제조설비의 상황에 따라 안전 확보를 위한 주요 부분에 설비가

잘못 조작되거나, 중요 부분에 오동작이 발생하는 경우 자동으로 원재료의 공급을 차단시키는 장치

Fail Safe(자동보정) : 기계장치의 일부에 고장이나 잘못된 조작 시 안전장치가 반드시 작동하여 사고를 방지하는 장치

압력 : 유체에 의해 용기나 관등의 벽에 수직으로 작용하는 힘으로 단위면적에 대하여 누르는 힘(kgf/cm², lb/in²)

단위로는 기압(atm), kgf/cm², 수은주(mmHg) 또는 수주(mmH₂O) 사용

표준대기압 : 대기권에서부터 지구의 평지까지 공기가 누르는 힘 (1atm)

※ 1 m³ = 1000 L

게이지압력 : 압력계에 지시되는 계기압력 (표준대기압을 0으로 기준)

※ 1 Mpa = 10 kgf/cm²

진공압력 : 대기압보다 낮은 압력 (주로 mmHg로 표시)

※ 1 kpa = 100 mmH₂O

절대압력 : 가스의 실제 압력 (완전 진공 0, 표준대기압 1.0332 kgf/cm²)

※ 1 KW = 860 Kcal/hr

절대압력 = 게이지압력 + 대기압 = 대기압 - 진공압

게이지압력 = 절대압력 - 대기압

1atm = 1.0332 kgf/cm² = 10332 kgf/m² = 10332 mmH₂O = 10.332 mH₂O =

= 0.76 mHg = 76 cmHg = 760 mmHg = 760 torr = 29.9 inHg = 14.7 psi

= 101325 N/m² (Pa) = 1.01325 bar = 1013.25 mbar = 1013.25 hpa = 101.325 kpa = 0.101325 Mpa

비중 : 기준이 되는 유체(액체 또는 기체)와의 동일조건 하에서의 무게비 → 기준은 물 (고체와 액체)

가스 비중은 보통 0 °C, 1기압에서 공기 무게에 대한 비로, 비중이 1.0 보다 크다는 것은 그 가스가 공기 보다 무겁기 때문에 용기 등에서 누설한 가스가 낮은 곳에 체류하기 쉽다는 것을 의미하므로 가연성 가스에서 중요

비열 : 어떤 물질 1g → 1°C 변화시킬 수 있는 열량

단위 : kcal/(kg·°C), cal/(g·°C)

1 kcal (=1000 cal) : 표준대기압에서 질량 1kg의 물을 1°C올릴 때 필요한 열량

분자량(분자 질량) : 원자 질량 단위로 나타낸 분자의 질량으로 C 분자량 12 를 기준으로 한 상대적 질량

※ 공기중 성분 : 질소 79%, 산소 21%, 아르곤 1%

분자 질량은 그 분자를 이루는 원자들 질량의 합으로 계산할 수 있다. ex) HCN : 1 + 12 + 14 = 27 g/mol

원소	H	C	N	O	Na	S	Cl	Ca	Fe
분자량	1	12	14	16	23	32	35	40	56

몰의 개념 : 분자량에 g을 붙인 것을 1[mol]이라 하며, kg을 붙인 것을 [kmol]이라 하는데 모든 물질 1mol 은 표준상태 [0°C, 1기압] 에서는 22.4ℓ를 차지하며 1[kmol]의 표준 상태에서의 체적은 22.4 (Nm³) 이 된다.

절대온도(켈빈온도) : 이상기체의 분자운동이 완전히 정지되어 분자의 운동에너지가 0 이 되는 온도 (열역학 2법칙)

※ 온도 변환 : °C(섭씨) = (°F - 32) / 1.8 ↔ °F(화씨) = 1.8 × °C + 32 ※ 절대온도 단위는 대문자 K
K = °C + 273 ↔ °C = K - 273 °F 는 온도변화량이 작고 °C , K 는 온도 변화량이 같다

열역학 제 0 법칙 : 만약 두 개의 계가 다른 세 번째 계와 열적 평형 상태에 있으면 이 두 개의 계는 반드시 서로에 대해 열적 평형 상태이어야 한다 → 온도를 정의하는 하나의 방법 (열평형의 법칙) ※ 엔탈피 : 에너지량

열역학 제 1 법칙 : 고립된 계의 에너지는 일정하고 에너지는 다른 것으로 전환될수 있지만 생성되거나 파괴될수는 없다 내부에너지의 변화는 공급된 열에 일을 빼준 값과 동일하다 → 제 1종 영구 기관이 불가능 (에너지보존의 법칙)

※ 제1종 영구 기관 : 밖으로부터 에너지의 공급을 받지 아니하고 외부에 대하여 영원히 일을 계속하는 가상의 기관.

열역학 제 2 법칙 : 엔트로피가 열적 평형상태에 있지 않다면 엔트로피는 열적 평형상태에 도달하도록 가지고 있는 에너지를 없애고 계속 증가해서 점차 변화한다 → 제 2종 영구 기관이 불가능 (방향성의 법칙=엔트로피 법칙)

※ 제2종 영구 기관 : 열원에서 공급한 열을 100% 역학적인 일로 바꿀 수 있는 가상의 기관.

열역학 제 3 법칙 : 절대영도에 가까워질수록 계의 엔트로피는 0 에 가까운 값을 가진다 (양자역학에서는 상수)

보일의 법칙 : 기체의 온도가 일정할 때 기체의 부피는 압력에 반 비례한다. PV = P"V" = 일정 (온도일정)

샤를의 법칙 : 기체의 압력이 일정할 때 기체의 부피는 절대온도에 비례한다. V / T = V" / T" = 일정 (압력일정)

보일, 샤를의 법칙 : P×V / T = P"×V" / T" = 일정 P : 압력 V : 부피 T : 절대온도

아보가드로의 법칙 : 온도, 압력이 일정한 같은 부피에 들어있는 기체의 분자 수는 동일하다. 1 mol = 22.4 ℓ

이상기체 : 실제 존재하지 않지만 온도가 높고 압력이 낮을수록 이상기체에 가까워진다

이상기체의 특징 ① 보일, 샤를의 법칙 만족 ② 기체 분자간 인력과 기체 자신의 부피는 무시한다
③ 아보가드로의 법칙 만족 ④ 분자간의 충돌은 완전 탄성체로 이루어져 있다

이상 기체의 교축과정 : Throttling 과정으로 유체가 좁은 곳을 통과할 때 유속이 빨라지고 압력이 감소하는 것- 난류현상

① 이상기체 : 압력은 감소, 엔탈피와 온도는 변화 없음 ② 실제기체 : 압력과 온도는 떨어지고 엔탈피는 변화 없음

돌턴의 분압법칙 (혼합가스의 부분압력): 기체 혼합물의 전체 압력은 각각의 기체들의 부분압력의 합과 같다

분압 = 전압 × 분압 = 전압 × 성분기체의 몰분율 Pt = P1+P2+P3++++PN

르샤틀리에 법칙 (평형이동의 법칙) : 물질의 외부 조건을 변화시켰을 때, 어떤 반응이 일어날지 예측하는데 사용

평형에 있는 어떤 계에 변화가(온도,압력,농도,부피) 가해지면 그 변화를 감소시키려는 방향으로 평형의 위치는 이동, 압력 증가에 반대되는 방향으로 진행하며 가스의 폭발 한계값을 계산하는데 사용한다

※ 촉매는 반응에 참여하지 않으면서 반응의 속도를 증가시키는 물질로 평형에 어떠한 영향도 주지 못한다

줄담스 효과 : 압축가스를 단열 팽창시키면 압력 강하와 함께 온도가 낮아지는 현상

임계압력 : 가스를 압력에 의해 액화시킬 때 가해야 할 최소의 압력으로 액체와 기체의 경계를 이루는 압력

임계온도 : 가스를 압력에 의해 액화시킬 때 최고의 온도로 액체와 기체의 경계를 이루는 온도

※ 어느 물질의 온도가 그 물질의 임계온도보다 높으면 그 물질은 항상 기체로만 존재하고 임계온도보다 낮으면

그 때의 압력이 임계압력보다 높으면 액체, 임계압력보다 낮으면 기체로 존재한다.

액체연료 : 대부분이 탄화수소(CH)의 혼합물로 탄소(83~87), 수소(12~15), 황(0.1~4.0), 질소(0.05~0.8) 로 조성
장점 : 품질이 일정, 발열량 및 연소효율이 높고, 저장, 운반, 계량, 점화, 소화 및 연소조절이 용이, 회분이 거의 없음
단점 : 연소온도가 높아 국부적인 과열 위험, 화재 및 역화의 위험, 압연료의 분사연소시 소음, 전량 수입에만 의존

기체연료 : 석탄계 가스 : 천연액화가스(LNG) → 주성분은 CH₄(메탄)이며 도시가스나 특수 용도에 이용

석유계 가스 : 천연석유가스(LPG) → 유전가스와 석유 및 석탄을 가공하여 인공적으로 만든 가스

장점 : 연소성이 좋아 완전연소, 연소조절 및 점화, 소화가 용이, 매연 등 유해 배출물이 적어 청결하고 이용에 편리
단점 : 시설비 ↑, 고급연료라 가격 ↑, 압축상태로 저장하기 때문에 누출 및 화재, 폭발위험, 밀도가 낮아 수송효율 ↓

연소의 3요소 : 가연성 물질, 조연성 가스, 점화원 (전기불꽃, 충격불꽃, 화염, 정전기, 단열압축, 마찰열, 복사열 등)

연소 속도가 빨라지는 요인 : ① 산소 농도가 높을수록 ② 활성화 에너지가 작을수록 ③ 반응온도가 높을수록
④ 분자간 충돌 횟수가 많을수록 ⑤ 가스를 압력에 의해 액화시킬 때

인화점 : 점화원과 접촉시 연소하는 최저온도 발화점(착화점) : 점화원 없이 스스로 연소되는 최소온도

발화점에 영향을 주는 인자 : ① 가연성가스와 공기 혼합비 ② 발화가 생기는 공간의 크기와 형태
③ 가열속도와 지속시간 ④ 기벽(공간)의 재질과 촉매 효과 ⑤ 점화원의 종류와 에너지

착화온도가 낮아지는 요인 : ① 압력이 높을수록 ② 분자구조가 복잡할수록
③ 산소량이 증가할수록 ④ 발열량이 클수록 (탄소수가 많아질수록)

위험도 : 가연성 가스만 해당 (폭발 상한값-폭발 하한값)/폭발 하한값 ex) 아세틸렌 : 2.5~81% (81-2.5) / 2.5 = 31.4

발열량 : 연료가 연소할 때 열이 발생하는데, 표준상태(0°C, 1atm)에서 연료가 완전 연소했을 때 발생하는 열량

잠열 (latent heat) : 가열을 하거나 냉각을 해도 온도는 변하지 않고, 상태변화에만 사용되는 열량

※ 연료 성분 내에 포함된 수소성분에 의해 수증기가 발생하여 응축하여 물로 변할 때 열을 방출

-고위발열량(총발열량) : 잠열을 포함한 발열량 -저위발열량(진발열량) : 잠열을 포함하지 않은 발열량

현열 (sensible) : 물질을 가열이나 냉각했을 때, 상태변화 없이 온도 변화에만 사용되는 열량 (물 끓임)

탄소가 증가하면 : 발열량(연소열) ↑, 비점(끓는점) ↑, 발화점 ↓, 착화온도 ↓, 폭발범위 ↓, 증기압 ↓,

불완전연소 : 가스와 공기량의 Balance가 맞지 않을 때, 환,배기 불량일 때, 불꽃이 낮은 온도에 접촉하여 발생

옐로우 팁(Yellow Tip) = 황염 : 탄소입자의 미연소로 인한 현상으로 혼합 불충분, 가스압이 낮을 때, 가스가 과다할 때, 분, 출압이 높을 때, 공기량이 부족할 때 노란 불꽃이 나는 현상 (= 불완전 연소) → 그을음

역화 : 가스의 연소 속도가 유출속도보다 빠를 때 불꽃이 버너 내부에 침입하여 그 안에서 연소를 계속하는 현상

원인 : 염공의 확대 및 부식, 가스 압이 낮을 때, 버너의 과열, 가스 내 이물질 함유시 발생

리프팅(Lifting-선화) : 역화와 반대로 가스의 유출속도가 연소 속도보다 커서 염공에 접하여 연소하지 않고

염공에서 떨어져 공간에서 연소가 되는 현상 → 주로 연소가 느린 LPG에서 발생

원인 : 염공의 축소, 가스 압이 높을 때, 1차 공기량이 많을 때, 가스공급량이 과다할 때

블로우 오프(Blow-off) : 염공 주위의 기류 변화에 의해 불꽃이 꺼지는 현상으로 원인은 주위 공기 흐름의 급격한 변화

염공부하(kcal/mm² h) : 염공(노즐) 1mm² 단위면적당 1시간에 발생시킬 수 있는 최대열량 (연소시킬수 있는 수치)

폭발한계 : 가스가 공기와 혼합된 경우, 연소를 일으킬 수 있는 공기 중의 가스 농도의 한계

폭발범위 : 가연성 가스의 혼합농도 범위로 폭발 상한계와 폭발 하한계의 차로 보통 1기압, 상온조건을 기준으로 한다.

폭굉 : 격렬한 폭발로써 화염의 전파속도가 음속보다도 큰 경우로 일반적인 폭굉속도는 1000 ~ 3500 m/sec 정도에

달하여 파면 선단에 충격파라고 하는 압력파가 생겨 파괴 작용을 일으키는 현상

폭굉 유도거리(DID)가 짧아지는 조건 (일반연소가 폭굉 속도까지 빨리 도달하는 조건) :

- ① 정상 연소속도가 큰 혼합물일수록
- ② 고압일수록
- ③ 점화 에너지가 클수록(센 점화)
- ④ 폭발등급 안전간극이 작을수록 위험
- ⑤ 관 속에 장애물이 있거나 관 경이 작을수록 (압력상승)

폭연 : 급격한 압력의 증가로 인해 격렬한 영향을 받으며 빠른 속도로 연소하지만, 정압만 형성할 뿐 충격파, 압력파는 발생하지 않는 발열반응으로 연소의 전파속도가 음속보다 느린 현상

연소폭발 : 일반적인 화학적 폭발의 종류로 가연성 탄화수소 연료의 연소에 의해 일어나는 폭발 (공기 + 연료)

분해폭발 : 높은 온도나 압력으로 인해 산소가 필요 없는 화학적 폭발 (가스폭발의 특수한 경우)

※ 저압의 가스에서도 발생이 가능하고 대부분 폭발범위가 가스폭발과 다르고 더 넓어 위험하다.

※ 분해폭발가스 : 아세틸렌, 비닐아세틸렌, 메틸아세틸렌, 산화에틸렌, 에틸렌, 히드라진, 오존, 아산화질소, 산화질소 등

중합폭발 : 열, 충격, 빛, 불순물에 의해서 유발되어 중합반응을 일으킬 때 발생하는 중합열에 의해 폭발

※ 중합폭발 가스 : 아세틸렌(C₂H₂), 산화에틸렌(C₂H₄O), 시안화수소(HCN)

촉매폭발 : ① 수소폭명기: 수소+산소 (530°C 이상에서 폭발) ② 연소폭명기: 수소+염소 (빛과 접촉시 폭발)

비등액체팽창증기폭발(BLEVE) : 가연성 액체 저장탱크 주변에서 화재가 발생하여 기상부 강판이 국부 가열되고 그 부분의 강도가 약해져 탱크가 파열되는데 이때 내부의 액화가스가 급속팽창, 증발하면서 화구(Fire Ball)을 형성하며 폭발

증기운 폭발(UVCE) : 대량의 가연성 가스나 인화성 액체가 대기중으로 급격히 방출될 때 다량의 가연성 증기가

폭발성의 증기운을 형성하고, 이 가연성 증기운이 폭발할 때 화구(Fire Ball)를 형성하는 폭발

화구(fire ball) : BLEVE, UCVE 폭발 발생시 대기 중에서 폭발하는 형상이 버섯구름 모양으로 형성되며 폭발하는 것

고온 부식의 종류 및 금속

탄소 : 탄소량 증대는 강의 인장강도, 항복점 증가 (단 0.9% 이상이면 반대로 감소한다)

망간(Mn) : 황(S)의 영향 완화

인(P) : 상온 취성의 원인

황(S) : 적열 취성의 원인

규소(Si) : 유동성이 좋으나 단점성, 냉간 가공성을 나쁘게 한다

크롬(Cr) : 취성증가 억제, 인장강도 및 항복점 증가, 내식성, 내마모성, 내열성증가 → 고온재료의 첨가성분으로 중요

니켈(Ni) : 기계적 성질 향상, 크롬(Cr)과 몰리브덴(Mo) 함께 사용 ※ 니켈+크롬+몰리브덴강은 대단히 우수

몰리브덴(Mo) : 내부식성이 강하여 고온 고압용 분야 및 스테인리스강에 가장 많이 사용, 산화가 잘되고 가공이 어려움

구리 : 연성풍부, 가공성, 내식성 우수, 고압 장치 재료이나 암모니아(NH₃), 아세틸렌(C₂H₂)에는 부적합

고압, 고온용금속 : 5%~9% 크롬강, 18-8 스테인레스강, 니켈+크롬+몰리브덴강

내식성 금속 : 크롬강, 18-8 스테인레스강

산화 (산소를 얻거나 수소 또는 전자를 잃는 것) : 내산화성 증대시키는 원소 : Si, Al, Cr (씨알커)

※ Cr 은 30% 이상에서는 내산화성이 증대하나 40% 이상에서는 감소

질화 : 암모니아속의 질소 성분이 분리되어 금속을 부식시키는 현상 ※ 내질화성 원소는 니켈

※ 금속의 질화 : 질소를 Al, Cr, Ti, V 등에 침투 확산시켜 경도 높은 질화물로 제조하는 것을 말함 (가스와 다름)

황화 (공기중의 유황성분이 금속과 반응하는 것) : 철, 니켈 부식 (황화수소 포함된 유황성분)

황화 방지 : 구리 및 구리+망간 합금 장치 사용 후 내부 라이닝

취성 : 재료가 외력에 의해 영구 변형을 하지 않고 파괴되거나 극히 일부만 영구 변형을 하고 파괴되는 성질

① 고온 취성 : 고온에서 강의 연성이 급격하게 저하되어 취화하는 것으로, 청열 취성과 적열 취성으로 구분

-청열 취성 : 200~300℃(청색으로 변화하는 온도) 부근에서 강의 인장강도 및 경도가 증가하고 취성이 높아지는 성질

-적열 취성 : 연강이 1100~1500℃의 고온에서 깨지기 쉽게 되는 현상으로, 연강에 포함된 유황이나 산소 등이 원인

② 저온 취성 : 연강이 저온이 되면서 경도나 인장강도는 증가하나 연신율, 충격값 등이 저하되어 부서지기 쉬운 현상

저온취성에 강한 금속 : 9 % 니켈강, 18-8 스테인레스강, 알루미늄 합금

③ 상온 취성 : 상온에서 충격치가 감소하여 쉽게 파손되는 성질로 인을 많이 함유한 재료에 나타나는 특수한 성질

※ 상온 : 가열하거나 냉각하지 않은 자연 그대로의 보통 기온으로 대개 섭씨 15℃를 가리킨다

수소취성 : 수소는 고온 고압하에서 강재중의 탄소와 반응하여 생성된 메탄이 결정입계에 축적되어 취성을 발생

반응식 : $Fe_3C + 2H_2 \rightarrow 3Fe + CH_4 \Rightarrow$ 수소취성 = 수소취화 = 탈탄

피로파괴 : 정적시험에 의한 파괴강도보다 상당히 낮은 응력에서도 그것이 반복 작용하는 경우에 재료가 파괴되는 현상

항복점 : 재료에 가하는 하중을 점차 증가하면 그것에 따라 재료는 변형해가며 하중이 어느 정도까지 증가하면 하중을 더 이상 증가하지 않아도 변형이 되는 점

CREEP : 재료에 일정한 응력을 장시간 가해 두었을 때, 시간 경과와 함께 변형되고, 변형도가 증가해 가는 현상

하중을 가한 순간에도 변형이 되고 그 이후에도 시간이 지남에 따라 변형이 증대 (내열합금의 고온강도 비교)

담금질 : 강을 경화 또는 강도를 증가시키기 위해서 변태점 이상의 적당한 온도로 가열한 후, 물 또는 기름 속에 급냉

불림 : 강을 표준상태로 만들기 위한 열처리로 대기 속에 방치하여 자연냉각 (응력제거, 기계적·물리적 성질등 표준화)

풀림 : 적당한 온도로 가열해 일정 시간 유지 후, 노 속에서 냉각 (정상적인 조직으로 되돌리기 위한 열처리)

뜨임 : 담금질한 강의 인성을 증가하고 조직을 연화, 안정시켜 내부 응력을 제거하기 위해 적당한 온도로 재 가열후 냉각

가공경화 : 금속은 가공하여 변형시키면 경도가 점차 커지는데 어느 가공도 이상에서는 일정하게 되는 것

소성가공 : 물체의 소성을 이용, 변형시켜 갖가지 모양을 만드는 가공법으로 열간가공과 냉간가공으로 구분

① 열간가공 : 재결정 온도이상 금속을 가열하여 가공 -작은 힘으로도 금속을 변형, 경제적이거나 표면 및 치수정밀도 나쁨

② 냉간가공 : 재결정 온도이하에서 가공 - 정확한 치수 및 표면이 아름답고 매우 얇은 박이나 가느다란 선도 제작 가능

바나듐 어택 : 중유 및 연료유에 포함되어 있는 바나듐이 산소와 반응하여 오산화바나듐(V₂O₅)이 만들어지고 고온에서 바나듐 화합물이 고온부 전열면에 용융 부착하여 산화 및 고온 부식을 일으키는 현상

erosion (침식) : 금속재료가 격렬하게 유동하는 액체나 기체와의 마찰에 의해 물리적으로 마모하는 현상으로 유체 중에 이물질 또는 부식성 물질을 함유하고 있으면 부식성 환경에 의해 이 현상이 촉진

※ 황산의 이송 배관에서 배관 및 밴드, 펌프의 회전차 등 유속이 큰 부분에서 주로 발생

Corrosion (부식) : 금속이 화학적, 전기적 작용으로 변질되어 소모되는 것으로 부식을 일컫는다

낮은 온도에서는 화학 반응속도가 저하되기 때문에, 부식속도도 현저하게 감소

① 공식 : 금속표면의 국부지역에서 진행되는 부식으로 금속표면에 구멍을 만든다 → 부식방지제를 투입하여 억제

② 틈새부식 : 동종 혹은 이종물질의 접촉시 형성된 틈새나 근처에서 발생 → 산소결핍, 산도변화, 이온축적 등이 원인

③ 등전기 부식 : 활성이 다른 금속을 접촉시키면 활성이 큰 금속으로부터 적은 금속으로 전류가 흘러 부식이 진행
음극과 양극의 면적비가 클수록 부식이 더 빨리 진행 → 양극쪽 금속에서 부식 발생

④ **응력부식균열** : 내부응력이나 가공 및 용접에 의한 잔류응력이 원인이 되어 나타나는 부식 → 동시에 발생하면 파열
방지대책 : ① 잔류응력 제거 ② 합금 조성의 변화 ③ 두께를 크게

④ 유해성분 제거 ⑤ 부식 억제제 사용

입계부식 : 결정입자가 선택적으로 부식되는 것으로 오스테나이트계 스테인리스강을 450 ℃ ~ 900 ℃로 가열하면 결정입계로 크롬탄화물이 석출되는 현상

고압가스안전관리법

고압가스 안전관리법에서 **고압가스의 정의**

- ① 상용의 온도에서 압력이 1 Mpa이 되는 압축가스로 실제로 그 압력이 1Mpa 이상이 되는 것 또는 35℃의 온도에서 압력이 1 Mpa 이상이 되는 **압축가스**
- ② 상용의 온도에서 압력이 0.2 Mpa 이상이 되는 액화가스로서 0.2 Mpa이 되는 경우의 온도가 35℃ 이하의 **액화가스**
- ③ 15℃의 온도에서 압력이 0 Pa 초과하는 **아세틸렌가스**
- ④ 35℃의 온도에서 압력이 0 Pa를 초과하는 액화가스 중 액화시아산화수소, 액화브롬화메탄 및 액화산화에틸렌가스 등 고압가스 안전관리법의 시행규칙에서 정의한 **가연성가스**

압축가스 : 상온에서 압력을 가하여도 액화되지 아니하는 가스로서 일정한 압력에 의하여 압축되어있는 가스

액화가스 : 가압, 냉각에 의하여 액체상태로 되어있는 것으로서 대기압에서 비점이 40℃ 이하 또는 상용의 온도이하인 것

가연성가스 : 폭발범위 하한이 10% 미만이거나 폭발한계 상한과 하한의 차가 20% 이상인 것.

독성가스 : 공기 중에 일정량 이상 존재하는 경우 인체에 유해한 독성을 가진 가스로서 허용농도 100만분의 5000 이하

※ 독성가스 허용농도 : 해당 가스를 성숙한 흰쥐 집단에게 대기 중에서 1시간 동안 계속하여 노출시킨 경우 14일 이내에 그 흰쥐의 2분의 1 이상이 죽게 되는 가스의 농도

처리설비 : 압축·액화나 그 밖의 방법으로 가스를 처리할 수 있는 설비 중 고압가스의 제조(충전 포함)에 필요한 설비와 저장탱크에 딸린 펌프·압축기 및 기화장치를 말한다.

처리능력 : 처리설비 또는 감압설비에 의하여 압축, 액화, 그밖의 방법으로 1일에 처리할 수 있는 가스의 양으로 기준온도 섭씨 0℃, 게이지압력 0 Pa 상태

특정고압가스 : 수소, 산소, 액화암모니아, 아세틸렌, 액화염소, 천연가스, 압축모노실란, 압축디보레인

특수고압가스 : 압축모노실란·압축디보레인·액화알진·포스핀·세렌화수소·게르만·디실란 및 그 밖에 반도체의 세정 등 산업통상자원부 장관이 인정하는 특수한 용도에 사용되는 고압가스

특정설비의 종류 : 안전밸브, 긴급차단장치, 역화방지장치, 기화장치, 압력용기, 자동차용 가스주입장치

특정고압가스용 실린더 캐비닛, 독성가스용 배관밸브, 액화석유가스용 용기 잔류가스 회수장치

초저온용기 : 섭씨 -50℃ 이하의 액화가스를 충전하기 위한 용기로서 단열재를 씌우거나 냉동설비로 냉각시키는 등의 방법으로 용기 내의 가스 온도가 상용 온도를 초과하지 아니하도록 한 것

초저온저장탱크 : -50℃ 이하의 액화가스를 저장하기 위한 저장탱크로서 단열재를 씌우거나 냉동설비로 냉각시키는 등의 방법으로 저장탱크 내의 가스 온도가 상용의 온도를 초과하지 아니하도록 한 것

초저온, 저온용기 재료 : 오스테나이트계 스테인레스강, 내식 알루미늄 합금강 단조품 및 단조판

초저온용기 단열성능 시험가스 : 질소, 아르곤, 산소

초저온용기에서만 실시하는 신규검사 항목 : ① 단열 성능 시험, ② 용접부에 대한 충격시험

초저온액화가스 취급시 주의사항 : 질식, 동상, 급격한 증발로 인한 압력 상승, 저온에서 생기는 물리적 변화

※ PG : 압축가스 용기 및 용기의 부속품 LG : LPG 외 액화가스 용기 및 용기의 부속품
AG : 아세틸렌 용기 및 용기의 부속품 LT : 초저온 용기 및 저온용기의 부속품

가스배관 설치 조건 : 가능하면 노출, 가능한 한 최단거리, 가능하면 옥외설치, 구부러지거나 오르내림 등의 굴곡이 적게

가스배관 관지름 결정요소 : ① 가스 유량 ② 관 길이 ③ 가스 비중 ④ 압력 손실

이형질 이음관, TF 이음관 : 가스용 폴리에틸렌관과 금속관을 연결할 때 사용하는 부품의 명칭

배관재료의 구비조건 : 내식성, 내열성, 내압성이 우수, 절단 가공이 용이, 접합이 용이, 누설 방지할 수 있을 것.

배관에 발생하는 진동요인 : ① 펌프, 압축기에 의한 영향, ② 관내에 흐르는 유체 압력변화에 의한 영향
③ 관 굴곡에 의한 영향 ④ 바람 및 지진에 의한 영향 ⑤ 안전밸브 작동에 의한 영향

핫-탭핑 : 가연성 가스 및 독성 가스가 흐르는 상태나 압력이 작용하는 상태에서 본관을 절단하지 않고 지관으로

분기, 수리, 이설할 때 사용하는 공법 → 설비 운전시 중단없이 분기, 교체, 수리, 보수 등 여러 작업이 가능
관의 열팽창 의미 : 철은 온도 1℃ 상승시 1m 당 0.012 mm 이상 증가한다

급배기 방식에 따른 연소기구 종류

- ① 개방형 : 흡기 및 배기장치가 별도로 부착되어 있지 않는 연소기구,
밀폐된 공간에서 장시간 연소 시 일산화탄소 중독 → 가스렌지, 가스팬히터, 소형순간온수기 등
- ② 반밀폐형 : 자연배기식(Conventional Flue: CF)과 강제배기식(Forced Exhaust: FE)으로 구분
 - 자연배기식 : 연소시 필요 공기는 실내에서 총당, 배기는 옥외로 배출, 연돌의 냉각시 배기가스 배출이 불가능
 - 강제배기식 : 연소시 필요 공기는 실내에서 총당, 배기가스는 송풍기를 부착 → 연돌의 냉각시 배기가스 강제 배출
- ③ 밀폐식 : 자연급배기식(Balanced Flue: BF)과 강제급배기식(Forced Draft: FF)으로 구분
 - 자연급배기식 : 흡기 및 배기를 옥외로 하는 연소방식, 밀폐된 공간에서 장시간 연소시켜도 일산화탄소에 의한 사고는 발생하지 않는 방식으로 온수보일러, 대형온수기 등에 채용
 - 강제급배기식 : 강제송풍기를 부착하여 흡기 및 배기를 옥외로 하는 연소방식

일반 고압가스 제조시설 및 기준

가연성가스 저장 탱크는 은백색 도색, 가스 명칭은 적색 저장능력 5m³ 이상의 탱크는 가스 방출장치 설치
저장탱크를 지하에 설치할 때 천장, 벽, 바닥 두께는 30cm 이상의 철근 콘크리트 구조물

탱크 주위에는 모래 부설, 탱크 정상부와 지면과는 60cm 이상 이격

탱크 사이는 1m 이상 거리 유지, 지상에는 경계표시 설치, 지면에서 5m 이상의 높이에 방출관 설치

설비의 내압시험압력 : 상용압력 × 1.5배 이상으로 실시 압력계의 눈금 범위 : 상용압력의 1.5 ~ 2 배

※ 상용압력 : 사용상태에서 해당 설비 등의 각부에 작용하는 최고사용압력 → 내압시험압력 및 기밀시험압력의 기준
설비와 화기의 우회거리는 8m 유지 설비의 두께는 상용압력 × 2 배에서 항복을 일으키지 않는 두께로 할 것

긴급차단장치 : 독성, 가연성 액화가스는 저장탱크 용량 5000ℓ 이상에 설치된 배관에 설치

※ 특정 고압가스 제조설비의 긴급차단장치는 10m 이내의 위치에서 조작 가능할 것

긴급 차단장치 : 조작가능 거리는 5m 이상, 3곳 이상 설치, 작동검사 : 1회 / 1년

-부착위치 : 저장탱크 주 밸브 외측으로서 저장탱크에 가까운 위치 또는 저장탱크 내부에 설치 (단, 주 밸브와는 겸용 ×)

가스누출 자동차단장치

-검지부 : 누출된 가스를 검지하여 제어부로 신호를 보내는 기능

-제어부 : 차단부에 자동차단 신호를 보내는 기능 및 차단부를 원격 개폐할 수 있는 기능 및 경보 기능

-차단부 : 제어부로부터 보내진 신호에 따라 가스의 유로를 개폐하는 기능

가스누출 경보기 : 공기보다 무거운 가스는 바닥으로부터 30cm 이내, 가벼운 가스는 천장에서 30cm 이내에 검지부 설치

경보기 작동기준 : 가연성가스는 폭발하한 1/4 이하, 독성가스는 허용농도 이하에서 검지부에 신호시 30초 이내에 작동

NH₃, CO : 1분 이내

※ NH₃ 실내 사용시 : 50 PPM 이하, 경보농도 1.6배에서 30초 이내에 경보 발신

통풍시설 크기 : 바닥면적 1m² 에 300cm² 이상 (3%이상) 2개 설치 강제통풍능력 : 바닥면적 1m² 에 0.5m³/min 이상

지반 침하방지 조치 : 압축가스 100m³ 이상, 액화가스는 1 ton 이상인 저장탱크

가스 방출관의 높이 : 지상에서 5m 또는 탱크 정상부에서 2m 중 높은 위치에 설치

가연성가스 제조설비 방폭 구조는 내압, 유입, 압력, 안전증, 본질안전 방폭구조로 할 것

압축 금지사항 : ① 아세틸렌, 에틸렌, 수소 압축 시 산소가 2% 이상 ② 가연성 가스 압축 시 산소 4% 이상

산소, 수소, 아세틸렌 압축 시 품질검사 : 1회 / 1일 이상

공기액화 분리장치 : 1회 / 1일 이상 분석 (1000 m³/h제외)

충전용 주관 압력계 기능검사 : 매월 1회 이상 그밖에 3개월에 1회 이상

온도상승 방지장치 : 가연성 물질 취급성비 외면으로부터 20 m 이내

① 방류독 설치 가연성탱크 : 방류독 내외면 10 m 이내 ② 방류독 설치안된 가연성탱크 : 저장탱크 외면 20 m 이내

물 분무장치 : 표면적 1 m³당 5 ℓ / min m² 준내화구조 : 2.5 ℓ / min m²

소화전 : 수압 3.5 kg/cm² 이상 방사능력 : 400 ℓ/min, 50m² 당 1개 수원 : 30분 동안 연속방사 가능 수원확보

화기와의 거리 : 가스설비 ↔ 저장설비는 2 m 이상 고압 가연성 제조설비 ↔ 가연성 제조설비 : 5 m 이상

가연성가스 ↔ 산소저장설비는 8 m 이상 산소제조설비 ↔ 다른 가연성 제조설비 : 10 m 이상

고압가스의 안전장치 : 안전밸브, 바이패스 밸브, 파열판, 자동제어장치

고압가스 충전용기의 충전구 형식 : ① A형 : 슛나사 ② B형 : 암나사 ③ C형 : 충전구 나사가 없는 것

고압가스 충전용기의 파열원인 : ① 용기의 재질 불량 ② 내압에 의한 압력상승 ③ 용접 용기의 용접 불량

④ 과잉충전

⑤ 충격 및 타격

⑥ 용기 내 폭발성 가스의 혼입

가스공급시설 : 저장탱크, 가스홀더, 정압기, 발생설비, 압송기, 배송기

액화가스 수송 배관 → 압력계 및 온도계 설치 압축산소 수송 배관 → 안전밸브 및 압력계 설치

가스배관 누설검사방법 : 발포액사용, 수주계에 의한 방법, 검사지 사용, 누설검지기 사용, 진공방지법

배관 이격거리 : 배관을 지상에 설치시 2kg/cm² 미만 : 5m 2~10 kg/cm² 미만 : 9m 10 kg/cm² 이상 : 15m

-해저 설치시 : 다른 시설물과 30m 이상 이격, 피뢰설비기준 : KSC9609 (공업전용 지역은 공지 폭의 1/3 이상 유지)

독성가스 제조설비 및 기준

독성가스 : 허용농도(건강한 성인 남자가 1일 8시간 근무해도 인체에 해를 끼치지 않는 농도) 이하로 방출 → TWA 기준

제독제 : 암모니아, 산화에틸렌, 아황산가스, 염화메탄 → 물 염소, 황화수소, 아황산가스 → 탄산소다 수용액

염소, 포스겐 → 소석회

염소, 포스겐, 황화수소, 시안화수소, 아황산가스 → 가성소다 수용액

염소, 염화수소, 포스겐, 아황산가스 운반 시 1000kg 미만은 소석회 20kg 이상, 1000kg 이상은 소석회 40kg 이상 휴대

설비는 중화장치, 흡수장치 설치 ① 시안화수소 : 순도 98% 이상 ② 안정제 첨가 : 이산화황, 황산

③ 용기 충전 후 24시간 정치, 60일 경과되기 전 다른 용기 충전 (중합폭발방지)

시안화수소는 1일 1회 이상 초산벤지민지(질산구리벤젠지) 시험지로 누설검사

용접이음 원칙 단, 부득이한 경우 플렌지 이음도 가능, 이중관 사용 (가스 종류에 따라)

식별표지 : 바탕색은 백색, 글자색은 흑색, 가스명은 적색

위험표지 : 누출우려가 있는곳에 설치 → 바탕색은 백색, 글자색은 흑색, "주의" 글자는 적색

고압가스 냉동 제조시설 및 저장시설 기준

냉동저장 탱크 외부는 백색, 가스 명칭은 적색, 용기는 40°C 이하 유지

저장탱크는 내용적 90% 초과금지 (소형 85%)

지하에 저장탱크 설치 : ① 외면은 아스팔트 루핑

② 탱크 상부와 지면은 60cm의 거리유지

③ 천장, 바닥, 벽의 두께는 30cm 이상,

④ 저장탱크와 저장탱크 사이의 거리는 1m 이상

고압가스 냉동저장 탱크를 지하에 설치 시 안전거리는 유지하지 않아도 된다

고압가스 냉동시설 : 가연성, 독성 냉매의 설비 중 수액기는 환형 유리관 액면계를 사용하지 말 것

안전밸브는 : 압축기용 1회 / 6개월, 나머지 1회 / 1년 이상 (0.8 배 이하에서 작동) 점검

고압가스 판매시설 방호벽 : 300m³ (압축), 3ton (액화), 용기 보관실 벽과 안전거리 유지

용기 동판의 두께차는 평균두께 20% 이하

프로텍터, 캡 규정 : KSD3503

용기 신규검사 각인사항 기호 : 내용적 (V), 용기 질량 (W), 내압시험압력 (TP), 최고충전압력 (FP)

용기 압력 시험 : 액화가스 300kg, 압축가스 60m³ 이상은 방호벽 설치 경계책 높이 : 1.5 M

방호벽 설치위치 : ① 아세틸렌 압축기 또는 100kg/cm² 이상인 압축기와 충전장소 사이

② 충전용기 보관소 사이

③ 충전장소와 용기 보관장소 사이

④ 충전장소와 충전용 주관밸브 사이

긴급사태 발생시 통신시설 : 구내전화, 방송설비, 인터폰,페이징설비, 싸이렌

내압 시험압력 : 상용압력 × 1.5 배

기밀 시험압력 (AP): 상용압력 × 1.0 ~ 1.2 배

혼합 적재금지 : 염소, 암모니아, 아세틸렌, 수소

※ 가연성가스 제조설비에는 정전기 제거조치

고압 저장탱크의 열침입 : ① 배관을 따라오는 열전도

② 밸브나 안전밸브에 의한 열전도, 외면으로부터의 열복사

③ 지지나 요크에 의한 열전도

④ 단열재 충전시 남아있는 잔류 가스분자의 열전도

역류방지밸브 설치장소(역류가 총주 아유고 암메탑압) : ① 가연성가스 압축기와 충전용 주관 사이 배관

② 아세틸렌 유 분리기와 고압건조기 사이 배관

③ 암모니아나 메탄올의 합성탑 및 정제탑과 압축기 사이 배관

역화방지장치 설치장소(역화가 오아총 아건총 교수산화염) :

① 가연성 가스압축기와 오토클레이브 사이 배관

② 아세틸렌 충전용 지관

③ 수소, 산소, 아세틸렌 화염을 사용하는 시설

④ 아세틸렌 고압건조기와 충전용 교체밸브 사이 배관

※ 오토클레이브 : 액상을 유지하며 고압가스를 혼합하는 고압 반응가마

압력계 : 브로돈관(기본), 다이어프램식, 벨로우즈식, 전기저항식, **피에조 전기식** → 급격히 변화하는 압력측정에 사용

열전대(서로 다른 종류의 금속을 접촉한 것으로 열전 효과를 일으키는 금속선)의 구비조건 : ① 열 기전력이 커야 한다

② 사용 기간이 길어도 변화가 없어야 한다

③ 전기저항 및 온도계수가 작아야 한다

④ 내열성 및 고온에서 기계적 강도가 있어야 한다

⑤ 고온중의 공기나 가스에 내식성이 있어야 한다

유량계 : 직접식 → 유체의 부피나 질량을 직접측정

간접식 → 유속이용 (베르누이정리)

액면계 안전장치 2가지 : ① 프로텍터 설치

② 액면계 상하 배관에 자동식 및 수동식 스톱밸브 설치

상압 단열법 : 저온장치의 단열법 중 일반적으로 사용되는 단열법으로 단열공간에 분말, 섬유 등의 단열재를 충전

에어졸 금속제 용기 : 두께 0.215 mm 이상, 내용적 1 ℓ 이상, 내압 8 이하

특정가스 제조시설 및 기준

폭발성이 큰 반응설비는 온도계, 압력계, 유량계 설치

안전구역내 설비사이 거리 : 30 m 이상

제조설비와 제조소 경계까지 : 20 m 이상

가연성가스 저장 탱크와 20만m³ 이상인 압축기 : 30 m 이상

가스 경보기 설치위치 : 가스 체류의 우려가 있는 장소 및 신속, 정확한 감지가 가능한 장소

가스 경보기 종류 : 접촉연소방식, 격막전지방식, 반도체식 → 가스 종류에 적합한 것 사용

수액기 설치 : ① 독성 : 10000 ℓ 이상

② LPG 탱크 : 년 1000 ton 이상

③ 도시가스 : 년 500 ton 이상

방류독 설치 : ① 독성가스 : 5 ton

② 가연성가스 : 500 ton

③ 산소 : 1000 ton

설치기준 : 방류독 용량은 저장능력에 해당하는 전량(100%), 액화산소는 60%

구조 : 정상부 폭 30cm 이상, 성토 기울기 45° 이하

재료는 철근, 콘크리트, 금속, 흙

계단, 사다리 : 50m 마다 출입구를 1개 이상 설치, 전 둘레가 50m 미만일 때는 분산해서 2개 설치

방류독의 구비조건 : ① 액밀구조로 액이 체류할 표면적이 적을 것 (기화량이 작다),

② 높이에 상응하는 액두압에 견딜 것

③ 배관이 관통할 때는 누설방지, 부식방지 조치

④ 금속재료는 방식, 방청 조치

⑤ 가연성, 독성 또는 조연성 산소는 혼합해서 배치금지

내부 수리 및 점검 시 가스치환 기준

① 가연성가스 설비 : : 폭발 하한계의 1/4 이하

② 독성가스 설비 : TLV-TWA 기준 농도 이하

③ 산소설비 : 산소 농도가 22% 이하

※ 산소의 농도는 18 ~ 22% 이하

LPG 시설기준

탱크 외부는 은백색, 글씨는 “액화석유가스” 적색, 살수장치 : 5m 이내 조작가능
충전용기 : 전체의 1 / 2 이상 충전 잔가스 용기 : 전체의 1 / 2 이하 충전
LPG 저장소 : 3 ton 이상 조정기 : 가정용 다단 감압식 저압 조정기 출구압력 : 280 ± 50 mmH₂O
지하매설 배관 : 심도 10 m 이상 도로매설 배관 : 심도 12 m 이상 또는 이중관 설치
배관 안전밸브 분출면적 : 배관 최대 단면적의 1 / 10 이상 폭발 방지장치 : 지상 10 ton 이상 설치
자동차용기 충전시설 : 황색 바탕에 흑색글씨 “충전중 엔진정지” 백색 바탕에 적색글씨 “화기엄금”
충전호스 : 호스길이 5m 이내 (정전기 제거조치) 충전기 상부 차양(캐노피) 설치 : 크기는 공지면적의 1/2 이하
접지 단면적 : 5.5mm² 이상, 접지저항 100 Ω 이하, 피뢰 설비 10 Ω 이하
충전용 주관 압력계 : 1회 / 월 이상 점검 (기타 압력계 : 1회 / 3개월)
영화 비닐호스 1종 : 안지름 6.3 mm 2종 : 안지름 9.5 mm 3종 : 안지름 12.7 mm
안전밸브 : 내압(TP) × 0.8 배 이하에서 작동되도록 1회 / 1년 이상 점검
가스사용시설 호스길이 : 3m 이내, 3m 이상은 배관으로 과류차단형 밸브부착용기 : 40 ~ 50 ℓ 용기
가스사용시설 기밀시험 : 조정기, 연소기 : 840~1000 mmH₂O
소화전 호스수압은 3.5 kg/cm² 이상, 방사능력은 : 400 ℓ/min, 30분 이상 방사할 수 있는 수원확보 (LNG=60분)
통풍구 면적 : 바닥면적 1 m² 당 300 cm³ 강제통풍능력 : 1 m² 당 0.5 m³ / min 이상
누설검지기 설치위치 : 바닥에서 30 cm 이내, 4m 마다 1개 (공기보다 무거우니까 바닥)
준저압조정기 조정압력 : 500 ~ 3000 mmH₂O 준저압조정기 기밀시험 : 3500 mmH₂O
공기회색 목적 : ① 발열량 조절 ② 재액화방지 ③ 누설시 손실량 감소 ④ 연소효율 증대
다공물질 : 1 / 200 또는 3mm 초과하지 않는 틈이어야 한다
부취제 : 1 / 1000 에서 감지될 수 있도록 가스에 첨가 시키는 냄새나는 물질
① THT : 석탄가스 냄새 ② TBM : 양파 썩는 냄새 ③ DMS : 마늘 썩는 냄새
부취제 기본조건 : 무독성, 생활 냄새와 구분되고 저농도에서 식별 가능, 완전 연소후 유해가스 발생 및 응축 안될 것
배관에 흡착하지 않을 것, 부식성이 없고 화학적 안정, 물에 녹지 않고 토양에 대해 투과성이 있을 것
퓨즈콕 : LPG가스 사용 중 호스가 절단되거나 빠졌을 경우, 일정량 이상의 가스가 과다하게 흐르면 콕에 내장된
플라스틱 볼에 의하여 가스를 자동으로 차단하여 생가스 누설로 인한 폭발사고를 방지
※ 퓨즈콕 기밀성능기준은 35 kpa 이상, 핸들 회전력은 0.588 N·m, 재질은 단조용 황동봉, 궤삭 황동봉
사이편 용기 : LPG 사용시설에 소화장치가 설치되어 있는 곳에서만 사용 - 액체, 기체 별도로 밸브가 2개인 용기
※사이편 용기 : 높은 곳에 있는 액체를 기압차와 중력을 이용해 낮은 곳으로 옮길 수 있도록 만들어진 용기
LPG저장탱크의 폭발 방지장치 : 외벽이 화염에 의하여 국부적으로 가열될 경우 그 저장탱크 벽면의 열을 신속히 흡수,
분산시킴으로써 탱크 벽면의 국부적인 온도상승에 의한 탱크의 파열을 방지하기 위하여 탱크 내벽에 설치
구형 저장탱크 : ① 표면적이 적고 강도가 크다 ② 기초비가 적고 경제적 ③ 기밀성이 우수하고, 외관이 미려
탱크로리 충전시 작업 중단 : 과충전시, 누설시, 화재시, 안전관리원 부재시, 베이퍼 록 발생시
※ **LPG 연소 기구가 갖춰야 할 요건** : ① 완전 연소 ② 취급 간단, 안전성 ③ 발열량 유효하게 이용할 수 있을 것
① 적화식 : 가스를 대기 중에 그대로 분출하여 연소시키는 방식, 필요 공기는 모두 불꽃 주변에서 얻는다.
고온을 얻기 어렵지만, 역화의 위험이 없다 - 순간온수기, 파일럿 버너 등에 사용
② 분젠식 : 가스가 노즐에서 일정한 압력으로 분출, 이때의 운동에너지로 공기구멍으로부터 1차 공기를 흡입,
혼합관 속에서 가스와 혼합되어 노즐로 나오면서 연소, 불꽃 주위에서 확산에 의해 2차 공기를 취한다
화염의 온도가(1200~1300℃) 높고 소화음과 연소음 발생 - 일반가스기구, 온수기, 가스렌지 등에 사용
③ 세미분젠식 : 적화식과 분젠식의 중간, 1차 공기율은 40% 이하이고 역화가 일어나지 않는다 - 샤워기 등에 사용
④ 복사식 (전1차 공기식) : 연소에 필요한 공기를 모두 송풍기로 압입하여 1차 공기만 공급하여 연소
역화하기 쉬워 영공의 특별구조가 필요, 구조가 복잡하고 고가 - 공업용 가열로, 브라스트 버너 등에 사용
LPG 가스배관 압력 손실요인 : ① 배관 직관부에 의한 손실 ② 수직상향에 의한 압력손실
③ 엘보나 밸브에 의한 손실 ④ 가스 미터나 코크에 의한 손실
배관공사 착공 전 조사사항 : 지하 매설물검사, 현장의 도로구조 조사, 관련 공사 등의 조사
※ LPG 저장설비 지반 조사결과 습윤한 토지, 매립지로서 지반이 연약한 토지, 급경사로 붕괴의 위험이 있는 토지,
부동침하 우려가 있는 토지는 지반개량 및 옹벽을 설치
배관매설시 되메움 작업 재료
① 기초재료 : 배관의 침하를 방지하기 위해 배관 하부에 모래 또는 19mm 이하의 입자로 10cm 이상 포설하는 재료
② 침상재료 : 배관에 작용하는 하중을 수직방향 및 횡 방향에서 지지하고 하중을 기초 아래로 분산시키기 위하여
배관 하단에서 배관상단 30cm 까지 포설하는 재료
보호포의 색 : ① 황색 : 저압관 ② 적색 : 중압관 이상
보호포 폭은 배관 폭 + 10cm, 설치는 보호판 상부로부터 30cm 이상

※ 보호포에 표시하여야 할 3가지 사항 : 가스 명, 사용압력, 공급자 명

방파판 면적은 횡단면적의 40% 이상

방파판의 부착위치 : 상호 원호 부 면적의 탱크 횡단면의 20% 이하가 되는 위치

방파판 두께 및 설치기준 : 두께 3.2 mm 이상, 탱크 내용적 5 m³ 마다 1개씩

도시가스 시설기준

나프타 : 원유를 상압 증류시 비점이 200℃ 이하인 유분으로, 비점이 130℃ 이하는 경질나프타 130℃ 이상은 중질나프타 나프타를 도시가스로 이용 : 저장 및 취급이 간단, 환경문제가 적고 불순물이 적어서 정제장치가 간단하고 경제성이 좋다
가스화가 용이하며 비율 및 효율이 좋아서 타르, 카본 등의 부산물이 없다

가스 압력의 구분

- 고압 : 10 kg/cm² 이상, 기화된 액화가스 2 kg/cm² 이상
- 중압 : 1 ~ 10 kg/cm² 미만, 기화된 액화가스 0.1 ~ 2 kg/cm² 미만
- 저압 : 1 kg/cm² 미만, 기화된 액화가스 0.1 kg/cm² 미만

액화가스 이송방법 : 자동차 탱크에서 저장탱크로 이입 충전시 방법

- ① 차압에 의한 방법 ② 액 펌프에 의한 방법 ③ 압축기에 의한 방법

LNG 저장 용기 및 배관설비 : 9% Ni 강, 18-8스테인리스강, 동합금, 알루미늄합금

기화기 장점 : 한냉시 공급 가능, 설치 면적 작다, 공급가스 조성 일정, 기화량 가감가능, 고압가스 배관설비, 다량 소비시에도 연속적 공급가능, 설비비,인건비 절감, 내부가스 압력과 외부충격 및 하중에 견디는 강도가 좋다

LP가스를 도시가스로 공급하는 방법 : ① 직접혼입방식 ② 변성혼입방식 ③ 공기혼입방식

- 변성가스 공급방식 - 부탄을 고온 촉매로 분해하여 저급 탄화수소를 변성시켜 공급하는 방법
- 공기혼합 공급방식 - 공기 혼합목적 : 재액화 방지, 발열량 조절, 연소효율증대, 누설시 손실량 감소

LP가스 자연기화식 : 소량 소비에 적당, 가스 조성의 변화가 크다, 발열량 변화가 크다 → 프로판

LP가스 강제기화식 : 생가스 공급방식으로 기화기에서 기화한 가스를 그대로 사용 → 부탄 (기화 잘 안됨)

도매사업 : ① 500 ton 이상 방류독 설치 ② 특정 고압가스는 5 m 이상에 긴급차단장치 설치

③ 5000 l 이상 탱크는 10 m 이상에서 조작 가능한 긴급차단장치 설치

일반 가스의 시험 : 내압시험 (TP) = 최고 충전압력 (FP) × 1.5 배 이상,

기밀시험 (AP) = 최고 충전압력 (FP) × 1.1 배 이상 (840 mmH₂O)

※ 최고 충전압력 : FP 내압시험 압력 : TP 기밀시험 압력 : AP

용기의 각종 시험 ※ 상용압력 : 사용 시 해당 설비의 각 부에 작용하는 최고사용압력 → TP, AP 의 기준

① 내압시험 : 압축가스, 초저온 용기 : 최고 충전압력 × 5 / 3 배 기화기 : 설계압력 × 1.1 배 (물은 1.3배)
아세틸렌 가스 : 최고 충전압력 × 3 배 고압설비 : 상용압력 × 1.5 배

② 기밀시험 : 압축가스, 액화가스 용기 : 최고 충전압력 이상
초저온 용기 : 최고 충전압력 × 1.1 배 아세틸렌 용기 : 최고충전압력 × 1.8 배

③ 비파괴검사 : 방사선투과(RT), 초음파검사(UT), 자분탐상(MT), 침투탐상(PT), 음향검사(AT), 육안검사

※ 비파괴검사 단점 : 비 자성체에는 불가능, 전원 필요, 종료 후 탈지처리가 필요

-방사선투과 장점 : 장치 간단, 운반 용이 → 용접부 결함 측정하는 일반적인 비파괴 검사

단점 : 가격 비쌌, 취급상 보호필요, 인체에 유해, 두께가 넓으면 부적당

※ 방사선투과 시험의 1종 결함 : 블로우 홀 및 이와 유사한 둥근 결함

-초음파검사 장점 : 두꺼운 용접물에 적당, 장치가 가볍고 편리, 균열 검출이 용이

단점 : 결함 판별에 고도의 숙련 필요, 시험결과의 기록보존 곤란, 검사자의 개인차

※ 내부결함 검사 : 방사선투과, 초음파 탐상, 음향검사 ※ 외부결함 검사 : 자분 탐상, 침투 탐상

충전용기 : 40°C 이하 유지(가열할 때 40°C 이상 열습포 사용), 주위 2m이내 화기금지, 우회거리 8m, 프로텍터, 캡 설치

용기의 C, P, S 취성한계 : 계목용기 (용접용기) : C : 0.33% 이하 P : 0.04% 이하 S : 0.05% 이하

무계목용기 (이음매없는용기) : C : 0.55% 이하 P : 0.04% 이하 S : 0.05% 이하

기화장치 제조 시 가스가 접촉되는 부분의 강의 재질 : C : 0.33% 이하, P : 0.04% 이하, S : 0.05% 이하

기밀시험 : ① 질소, 공기, 불활성 가스 이용 → 상용압력의 1.25 배 이상

② 내압시험 : 물 사용 원칙 → 상용압력의 1.5 배 이상

③ 비파괴 검사 : 용접부 2개소 이상 실시

특정설비 : 자동차용 주입기, 긴급차단장치, 기화기, 안전밸브, 역류 방지밸브, 역화 방지밸브

가스홀더 : 도시가스 제조공정에서 생산된 가스를 일시 저장하여 가스의 품질을 균일화 하고 제조량 및 수요량을 조절

① 설치기준 : 입구와 출구는 신축 흡수장치, 맨홀이나 검사구 설치, 응축액을 뽑아낼 수 있는 장치 설치

응축액 동결 방지장치 설치, 내용적 300 m² 이상 시 안전거리 유지

② 부속설비 : 안전밸브 2개 이상, 드레인 장치, 검사용 맨홀, 어스선 두 개 이상, 조절 밸브, 사다리 및 승강 계단

가스 누설검사 : 매물배관 1회 / 1년, 고압 1회 / 1년 (특정가스)

긴급차단장치 설치대상 : 저장탱크의 내용적 5000l 이상, 조작위치 : 5m 이상 이격 ※ 특정제조설비 : 10m 이상

긴급차단장치 작동원 : 공압, 유압, 스프링식

작동 레버 : 3곳 이상 설치

가스계량기 : ① 최대소비량의 1.2 배 용량

② 설치 높이는 1.6 ~ 2m로 수평, 수직으로 설치밴드 고정,

③ 화기와 우회거리는 2m

⑤ 통풍 양호하고 검침 수리가 용이할 것

④ 전기기기와 60cm 이상 이격

⑥ 눈, 비에 접촉하지 않고 습도가 낮을 것, 차열판 설치

수취기 : 산소 또는 천연메탄을 수송하기 위한 배관과 이에 접속하는 압축기와 충전용 지관 사이에 반드시 설치

※ 배관 내에 있는 수분을 수집하여 제거하는 장치 → 산소 충전 시 압축기와 충전용 지관 사이에 설치

※ 수봉기 : 저압인 경우 압력이 낮아 스프링식 안전밸브 등으로 방출압력을 셋팅하기 힘들 때 설치 (=안전밸브)

CES (Comunity Energe System - 집단에너지사업) : 일정한 지역의 소규모 집단에너지 공급시스템 또는 구역형 집단에너지 공급시스템으로 가스엔진, 가스터빈 등의 열병합 발전설비 가동시 전력 생산과정에서 발생하는 고온의 배기가스 열을 폐열회수장치등을 통하여 증기 또는 온수 형태로 회수하여 일정한 구역에 전기 및 난방에너지를 공급 관리하는 사업

정압기

기능 : 1차 압력 및 부하 변동에 관계없이 2차 압력을 일정하게 유지

① 도시가스 압력을 사용처에 맞게 낮추는 감압기능

② 2차 측의 압력을 허용압력으로 유지하는 정압기능

③ 가스의 흐름이 없을 때는 밸브를 폐쇄하여 압력상승을 방지하는 폐쇄기능

설치기준 : ① 정압기 입구에는 수분 및 불순물 제거 장치 설치 ② 출구에는 이상 압력상승 방지장치 설치

③ 가스누설 경보장치 설치

④ 전기설비는 방폭구조

⑤ 침수 방지조치

⑥ 예비 정압기 설치

정압기 구성요소

① 다이어프램 : 2차 압력을 감지하고 2차 압력의 변동상황을 메인밸브에 전달

② 스프링 : 조정할 2차 압력을 설정

③ 메인밸브(조정밸브) : 가스의 유량을 직접 조정

정압기 특성

① 정특성 : 정상상태에서 유량과 2차 압력의 관계

② 동특성 : 부하변동이 큰 신속성과 안전성이 요구되는 관계

③ 유량특성 : 메인밸브의 열림과 유량의 관계

④ 사용최대차압 : 메인밸브에 1차 압력과 2차 압력의 차가 발생하여 실제사용 범위 내에서 최대로 되었을 때의 차압

⑤ 작동최소차압 : 파일로트식 정압기가 작동할 수 없는 1차 압력과 2차 압력의 차압의 최소 값

정압기 부속설비

① 불순물 제거장치 : 배관 내의 불순물(녹, 먼지, 흙 등)을 1차측에 여과기를 설치하여 제거

② 이상 압력상승방지 장치 : 2차측 배관의 압력 상승으로 가스미터파손, 배관누설, 연소불량 등 사고를 미연에 방지

③ 가스 긴급차단장치 : 정압기 입구 및 출구에 설치

가스누출경보장치 : 바닥면 둘레 20m에 대하여 1개 이상 검지부 설치, 폭발 하한계의 1/4 이하에서 60초 이내에 경보

정압기 종류 : 레이놀드식, 피셔식, 액셀 플로우식

① 레이놀드식 : Unloading 형식, 크기가 크다, 정특성은 양호하나 안정성이 낮다, 복좌밸브 → 상부에 다이어프램

② 피셔식 : Loading 형식, 정특성과 동특성이 양호하고 컴팩트하다.

③ 액셀 플로우식 : 변칙 Unloading 형식, 정특성과 동특성이 양호, 고차압이 될수록 특성이 양호해지고 극히 컴팩트

※ AFV(axial flow valve) 정압기 : 도시가스 주 정압기로 사용되는 것으로 주 다이어프램과 메인밸브가

고무슬리브 1개를 공용으로 사용하는 매우 컴팩트한 구조로 이루어진 정압기

정압기 기밀시험 : 입구 : 최고 사용압력의 1.1배 출구 : 최고 사용압력의 1.1 배 또는 8.4 kpa 중 높은 압력

정압기 및 필터 분해점검 : 설치 후 3 년까지는 1회 이상, 그 이후에는 4 년에 1회 이상 분해점검

가스 방출관의 방출구 : 지면으로부터 5 m 이상의 높이에 설치

경계책 : 1.5 m 높이의 철책 또는 철망으로 설치

정압기실 조명 : 150 lux 이상

기계 환기설비 : 흡기구와 배기구의 관경은 100 mm 이상

① 통풍능력 : 바닥면적 1m² 마다 0.5m³/분 이상

② 배기가스 방출구를 지면에서 5 m 이상의 높이에 설치

③ 통풍구조는 환기구를 2 방향 이상 분산설치

④ 배기구는 천장면으로부터 30 cm 이내에 설치

※ 공기보다 무거운 가스는 배기가스 방출구를 지면에서 5 m 이상, 가벼운 가스는 3 m 이상

차압계 : 도시가스 정압기 필터의 오염정도를 판단하기 위하여 설치 → 적색시 압력이 30 kpa, 0.3 kgf/cm² 이상 오염

바이패스 이음 : 정압기 분해시 가스를 중단하지 않고 공급할 수 있는 배관 방법

SSV (긴급차단장치) : 정압기의 고장에 의하여 1차 측의 가스가 2차 측에 유입하여 2차 측의 배관압력이 상승하면 연소불량, 가스미터의 파손으로 상당한 위험을 초래할 수 있기 때문에 이들의 사고를 사전에 방지하기 위하여 가스공급을 차단하며, 주 정압기에 설치된 긴급차단장치가 작동되면 자동으로 예비정압기로 가스공급

방진기초 : 대형 압축기나 펌프 설치시 바닥에 고무나 스프링을 부착하여 진동이 일어나지 않도록 하는 것

안전밸브

종류 : ① 스프링식 : 가장 널리 사용 (LPG) ② 가용전식 : 용융점 60~70°C(염소), 105±5°C(아세틸렌)

③ 파열판식 : 구조 간단, 취급 용이 (O₂) ④ 중추식 : 추의 일정무게 이용

파열판 특징 : 구조 간단, 취급 용이, 압력상승이 급격한 곳에 적당, 슬러지 함유로 부식성 유체에도 적당, 재사용 불가
밸브누설의 종류 : 패킹 누설, 시트누설 (파열판식은 시트누설 없음)

가연성가스 도관에 설치하는 안전밸브의 분출면적은 도관 최대 지름부 단면적의 0.1 이상

설치장소 : 각종 용기, 저장탱크 상부, 고압가스 수송 도관, 압축기 단마다, 감압밸브 뒤, 반응탑

안전밸브 선택시 고려사항 : 작동압력, 정지압력, 구경 ※ 최저 300 kg 이상 시 안전밸브 설치

작동압력 : 내압시험압력 × 0.8 배 이하에서 작동 (액화산소탱크=상용압력×1.5배) 설비 : 최고충전압력 × $\frac{5}{3}$ 이하

금속재료 부식 억제 : 피복에 의한 방법, 부식 억제제 사용, 부식환경 처리에 의한 방법, 전기 방식법

전기방식법 : 희생 양극법, 외부 전원법, 배류법(직접배류법, 선택 배류법, 강제 배류법)

① 희생 양극법 : 매설 배관 부근에 이온화가 큰 금속을 매설하여 부식 방지 (유전 양극법=희생 양극법=전기 양극법)

② 외부 전원법 : 땅속에 매설한 양극에 강제 전압을 가하여 피방식 금속체를 음극으로 만드는 방식

③ 배류법 : 전철의 레일에서 누설되어 인근의 피 방식구조물에 유입된 전류가 토양을 통하지 않고 직접 도체를 통해 다시 전철의 레일 혹은 전철 변전소의 부극으로 귀환시키는 방법으로 사용되는 접속선을 배류선이라 한다

- 직접배류법 : 피 방식구조물과 전철 변전소의 부극 혹은 레일 사이를 직접 도체로 접속하는 방법 → 역류 가능성

- 선택 배류법(역류방지장치) : 피 방식구조물로부터 귀선으로 향하는 전류만 선택적으로 통과 → 역류 방지

- 강제 배류법 : 피 방식구조물과 레일 혹은 전철변전소의 부극 사이 회로에 직류전원을 인가하여 배류를 촉진

※ 점검 : 1회 / 3개월, 전기, 절연 관련 점검 : 1회 / 6개월 관대지전위 점검 : 1회 / 1년

전위측정용 터미널박스 설치간격 : 희생 양극법, 배류법 → 300 m 외부 전원법 → 500 m

전위측정용 터미널박스 설치장소 : ① 직류전철 횡단부 주위

② 밸브 스테이션

③ 교량 및 하천 횡단배관의 양단부

④ 타 금속구조물과 근접교차 부분

⑤ 지중에 매설되어있는 배관 절연부의 양측

⑥ 강재보호관 부분의 배관과 강재보호관

전위측정 기준전극은 포화황산동 방식전류가 흐를때의 전위변화는 최소 -300mV 이하

※ 방식 전위값이 -2.5V를 넘으면 과방식 → 배관 피복이 박리, 수소취성 발생 가능

가스에 의한 부식 : 수소에 의한 탈탄 작용, 산소에 의한 산화 부식, 암모니아에 의한 질화, 황화수소에 의한 황화 부식

지하에 매설된 철관 부식 : ① 이종금속의 접촉에 의한 부식 ② 농염 전지에 의한 부식

③ 국부 전지에 의한 부식

④ 미주 전류에 의한 부식

⑤ 박테리아에 의한 부식

플레어 스택 : 가연성가스의 설비에서 이상 상태가 발생한 경우 긴급이송설비에서 가스를 연소시켜 대기로 안전하게

방출하는 장치로 대기중에 분출할 때 공기와 혼합하여 폭발성 혼합기체가 형성되지 않도록 연소시켜 방출

① 설치 높이는 플레어 스택 바로 밑 지표면에 미치는 복사열이 4000kcal/m²hr 이하가 되도록 한다.

② 플레어 스택 재질은 내열성 구조로 하고 파이롯트 버너 또는 항상 작동할 수 있는 자동점화장치를 설치한다

③ 역화 및 공기 등과의 혼합 폭발을 방지하기 위한 폭발방지 장치를 설치한다

벤트스택 : 탱크 내의 압력을 정상적 상태로 유지하기 위해 내압 상승시 자동으로 대기로 방출하는 일종의 안전장치이자

고압가스 설비에서 이상 상태가 발생한 경우 설비 내용물을 설비 밖으로 긴급하고 안전하게 이송 후 방출

벤트스택 설치높이 : 가연성 가스 : 방출된 가스의 착지농도가 폭발 하한계값 미만의 높이

독성가스 : TLV - TWA 기준농도값 미만인 높이

※ TLV : 화학물질의 허용농도

※ TLV - TWA: 1일 8시간 작업을 기준으로 유해요인의 측정농도에 발생시간을 곱하여 8시간으로 나눈 농도

방출구의 위치는 정상작업을 하는데 필요한 장소 및 항상 통행하는 장소로부터 긴급용 10m, 기타 5m 이상 떨어져 설치

Roll Over : 상, 하층의 밀도 차이에 따른 역류로 인해 일어나는 현상으로 충상화된 액체의 불안정한 상태가 바로 잡힐 때

BOG가 발생하는 현상 → 외부에서 열량 침입 시, 탱크 벽면을 통한 열전도도 등으로 발생

BOG(boil off gas) : LNG 저장시설에서 자연입열에 의해 기화된 가스로 증발가스라 한다.

※ BOG 처리법 : 발전용, 압축기용 연료로 사용, 대기로 방출하여 연소

BOG 문제점 : 액체가 기체로 변하면서 부피가 늘어나고 저장탱크 내 압력이 증가해서 큰 폭발이 일어날 가능성 농후

방호벽 : 높이 2m 이상, 두께 12cm 이상의 철근콘크리트 또는 이와 같은 수준 이상의 강도를 가지는 구조의 벽으로

철근콘크리트는 직경 9 mm 이상, 가로 × 세로 40 cm 이하의 간격으로 배근

※ 봄베 열량계 : 단열시킨 통 속에 물을 채우고 물속의 밀폐된 연소실에서 연소시켜 그때 발생하는 열량을 측정,

기체가 관여하는 반응에 이용되며, 특히 연소에 의한 발열량을 측정 - 열 손실 최소화

압축기

종류 : ① 왕복형 : 왕복동식, 스크류식

② 원심형 : 터보식

-왕복형 : 저속 회전 가능, 압축효율 높다, 가격이 고가, 설치 면적 넓다 . (기타 : 회전식, 다이어프램식)

-원심형 : 맥동 없고 연속적으로 송출, 마모나 마찰손실이 적지만 효율이 낮다 (기타 : 축류식)

① 레이디얼형(90°)

② 다익형(90°이상)

③ 터보형(90°미만)

※ 에어바인딩 현상 : 원심펌프 내에 공기가 있어 송액되지 않는 현상 - 펌프 작동전 공기제거, 자동공기제거 펌프사용

왕복형 압축기에 연결된 배관 진동소음 원인 : 펌프에 의한 영향, 안전밸브 분출에 의한 영향. 배관 내 가스압력변화

가동전 점검사항 : 나사볼트 조임상태, 냉각수 순환상태, 이물질 혼입상태, 급유 상태, 각 계기 이상 유무 확인

단수 결정시 고려사항 : 최종토출압력, 취급가스의 종류, 연속 운전여부, 경제성

압축기 이상시 점검사항 : 흡입밸브 누설, 토출밸브 누설, 피스톤 마모, 바이패스밸브 누설

터보 회전체가 언 밸런스 되는 원인 : 부식이나 마모, 제작 시 잔류 언밸런스, 먼지기름인 타르의 부착,

※ 터보형은 윤활유를 급유할 필요가 없으나 왕복식은 급유

중간단 토출가스 온도상승 원인 : 후단 흡입밸브누설, 전단 냉각기 불량, 중간단 토출밸브누설, 중간단 압축비 증대

피스톤 링 마모 현상 : 오일햄머 발생, 소비동력 증대, 체적효율 감소, 토출가스 온도상승

실린더 냉각효과 : 소비동력 감소, 윤활작용 원활, 효율 증대, 기계 수명연장

용량제어의 목적 : 소비동력 감소, 재 기동시 경부하 기동, 기계 수명연장, 수요와 공급의 균형유지

① 왕복형 압축기 용량제어 : 회전수 조절, 바이패스, 클리어런스 포켓사용, 언로드 시스템

② 원심식 압축기 용량제어 : 회전수 조절, 바이패스, 흡입변 조절, 토출변 조절, 깃 각도 조절

압축비가 클 때 : 토출가스 온도상승, 실린더 과열로 오일 탄화, 체적효율 감소, 기계 수명단축

고속 대기통 압축기의 장점 : 용량제어가 용이, 기동부하가 적다, 부품교체 용이, 소형이다

윤활유 구비조건 : 인화점 높고 점도가 적당하며 수분 및 불순물이 적고 쉽게 열분해하지 않고 화학적으로 안정할 것 .

윤활의 목적 : 마모방지, 마찰시 생기는 열 제거, 소비동력 감소, 기계 효율증대, 방청효과

압축기 윤활유 : 고온일 때 산화, 중합을 일으키지 않고 탄화하여 부착하는 성질이 작은 오일

① 공기 및 수소, 아세틸렌 : 양질의 광유

② 염소 : 진한 황산

③ LPG 압축기 : 식물성유

④ 산소 : 물 또는 10% 이하 묽은 글리세린

⑤ 염화메탄 및 아황산가스 : 화이트유

다단압축의 목적 : 소요일량 절약, 압축비가 작아지고 흡입효율이 증가, 윤활기능 향상, 온도상승 방지, 힘의 평형유지

산소배관과 압축기 사이에는 드레인 세퍼레이트(수분제거장치)를 설치

플랜지 이음 : 보수, 점검 및 관의 해체, 교환을 목적으로 관호칭 65A 이상의 동관을 이음할 때 적용

플레어 이음 : 보수, 점검 및 관의 해체, 교환을 목적으로 관지름 20 mm 이하의 동관을 이음할 때 적용

※ 피독현상 : 촉매의 활성점이 반응물질이나 침전물 등과 결합하여 촉매의 활성이 저하되는 현상

냉동효과 (냉동력) : 액화냉매 1kg 이 증발기에 들어가서 흡수하여 나오는 열량 (kcal / h)

냉매설비에 부적합 재료 ※ **항상 물에 접촉되는 부분은 순도가 99.7% 미만의 알루미늄 사용금지**

암모니아 : 동 및 동합금

염화메틸 : 알루미늄 합금

프레온 : 2% 넘는 마그네슘을 함유한 알루미늄 합금

고압장치용 금속재료 구비조건 : ① 접촉유체에대한 내식성이 클 것

② 냉각시 재질의 열화를 일으키지 않을 것

③ 고온도에 있어서 상당한 기계적 강도를 보유할 것

④ 크리이프 강도가 클 것

⑤ 가공이 용이하고 값이 싼 것

위험과 운전분석기법 : 공정에 존재하는 위험요소와 공정의 효율을 떨어뜨릴 수 있는 운전상의 문제를 파악

기기분석 - 기체 크로마토그래피 (Gas Chromatography, GC) : 운반기체 조절부, 시료 주입부, 컬럼, 검출기로 구성

① TCD : 시료와 이동상 기체의 열전도 차이를 측정, 일반적 사용 → 열전도도 검출기

② FID : 불꽃으로 태운 유기물이 이온화되면서 발생한 전류를 측정 → 수소불꽃이온화 검출기

③ ECD : 전자포획 이온화법으로 할로겐 및 산소화합물에서 사용 → 전자포착형 검출기

흡착형 고체분말 : 실리카겔, 활성탄, 알루미나, 합성 제올라이트

분배형 충전물 : 석영, 합성수지, 규조토, 내화벽돌, 유리

자동 제어계의 특성

정특성 : 시간에 관계없는 정적인 특성 → 입력과 출력이 안정되어 있을 때의 일정한 관계를 유지하는 성질

동특성 : 시간적인 동작의 특성으로 입력을 변화시켰을 때 출력을 변화시키는 성질

냉동기

냉동사이클 : 압축기 (고온고압기체) → 응축기 (저온고압액체) → 팽창밸브 (저온저압액체) → 증발기 (저온저압기체)

- ① 압축기 : 냉매는 압축기를 지나면 고온고압의 기체가 되는데 압축기는 냉매가 사이클을 흐를 수 있도록 압력을 발생,
- ② 응축기(열교환기) : 응축기는 압축기에서 나온 고온고압의 기체 냉매를 열교환을 하여 저온고압의 액체 냉매로 변환
열교환에 사용하는 물질로는 물, 공기, 청수, 해수를 사용, 선박에서는 해수를 펌프를 이용 냉매와 상호 열교환
- ③ 팽창밸브 : 응축기에서 나온 저온고압의 액체 냉매는 팽창밸브를 지나면서 저온저압의 액체 냉매로 변환
고압의 냉매를 저압으로 바꾸는 이유는 증발기에서 냉매가 주위의 열을 쉽게 흡수할 수 있도록
- ④ 증발기 : 증발기에서 저온저압의 액체 냉매는 기체 냉매로 전환되면서 주위의 열을 흡수 (열 흡수를 위해 송풍기 사용)
증발기를 지난 저온저압의 기체 냉매는 다시 압축기로 가서 고온고압의 기체냉매로 전환되며 1사이클 완성

유분리기 : 압축기와 응축기 중간에 위치, 압축기에서 나온 냉매 중의 윤활유를 분리하여 분리된 윤활유는 압축기로 보내고 기체 냉매만 응축기로 보낸다

수액기 : 응축기와 팽창밸브 중간에 위치, 냉매의 양을 알 수 있으며 냉동장치의 수리 및 정비 시 냉매를 보관

- 건조기 : ① 수액기와 팽창밸브 중간에 위치, 냉매가 기체 및 액체로 변하는 상태변화 시 발생하는 수분을 제거
② 냉매 라인중에 수분이 존재 시 증발기에서 응결되어 냉매의 흐름을 방해하는 것을 방지

액분리기(어큐뮬레이터) : 증발기와 압축기 중간에 위치, 증발기에서 나온 기체 냉매 중 포함되어있는 액체 냉매를 분리하여 액체를 압축할 시 발생하는 액 햄머 현상 및 압축기의 파손을 방지

※ 액분리기에 분리된 가스는 압축기로 흡입, 액분리기는 증발기보다 높은 위치에 설치

흡수식 냉동기 구조 : 발생기, 흡수기, 응축기, 증발기

- 냉매의 요건 : ① 증발 잠열이 클 것 ② 비체적이 적을 것
③ 비열 및 비열비가 적을 것 ④ 독성이나 가연성이 없을 것

과압 안전장치 종류 : 고압차단장치, 안전밸브, 파열판, 용전 또는 압력 릴리프장치

냉동능력 : 증발기에서 시간당 제거할 수 있는 열량 (kcal / h) ※ 단위는 RT

냉동능력 산정기준 : 원심식 : 정격출력 12kw를 1RT(3320kcal), 흡수식 : 발생기 가열량 시간당 6640 kcal 를 1RT

공기 액화 분리장치

공기액화법에서 공기 정제하는 방법: 겔건조기에서 수분을 흡수 시킨다

- ① CO₂ 흡수탑에서 CO₂ 제거(이산화탄소) → 흡수제 : 가성소다 수용액, 물리콜러시브
- ② C₂H₂ 흡착기에서 C₂H₂ 제거(아세틸렌)

분리순서: 공기를 처음 액화시킨 후 산소 (-183°C), 아르곤 (-186°C), 질소 (-196°C)의 비점을 이용하여 온도를 올리면서 기체화 하면 비등점이 가장 낮은 질소 아르곤 산소의 순서로 분리

고압식 액화산소 분리공정 ※ 저온에서 수분은 얼음으로, CO₂ 는 드라이 아이스로 변하여 밸브 및 배관을 폐쇄 → 제거

원료공기 흡입 : 여과기(공기중 먼지, 이물질제거)를 통해 압축기에 흡입

유분리기 : 공기압축기 내부 윤활유(광유)가 장치내의 분리로 들어가면 폭발의 원인이 되므로 제거

건조기 : 수분리기에선 완전히 제거하지 못한 수분을 최종적으로 제거

겔 건조기(수분 제거) : 흡착제 → 활성 알루미나, 실리카겔, 염화칼슘, 소바이드

CO₂ 흡수기 : 가성소다 수용액에 흡수하여 제거 반응식 : 2NaOH + CO₂ → Na₂CO₃ + H₂O

※ 순서 : 여과기에서 먼지 제거 → CO₂ 흡수기에서 CO₂ 제거 → 압축기에서 압축 → 압축 공기중의 수분을 건조기에서 건조 → 고압 공기를 냉각하여 액화 → 정류탑에서 산소, 질소 분리하고 비등점을 이용하여 액화 산소를 얻음

고압장치에서 안전밸브 설치장소 : 저장탱크 상부, 압축기 및 펌프의 도출측과 흡입측에 설치, 반응탑 및 정류탑에 설치
왕복동식 압축기의 각단에 설치, 감압밸브 및 조정밸브 뒤 배관에 설치

폭발원인 및 방지대책

- ① 공기 취입구로부터 아세틸렌의 혼입 → 공기 흡입구를 아세틸렌이 흡입되지 않는 장소에 설치
- ② 압축기용 윤활유의 분해에 따른 탄화수소류 생성 → 양질의 윤활유를 사용 (물과 기름을 분리)
- ③ 공기중에 있는 산화질소(NO), 이산화질소(NO₂)등 질소화합물의 생성 → 장치내 여과기 설치
- ④ 액체 공기중의 오존(O₃)의 혼입 → 장치는 1년에 1회 이상 사염화탄소(CCl₄)등의 세정액으로 세척

사용금지대상 윤활유 : 석유류, 유지류, 글리세린유

아세틸렌의 질량이 5mg 또는 탄소의 질량이 500mg을 넘을때는 액화 분리기의 운전을 중지하고 액화 산소를 방출할 것

※ 액화 산소통 안의 액화 산소 5L 기준

무게목용기는 파열판식 안전밸브 (수소는 가용전식, 파열판식 안전밸브) ※ 오토클레이브 : 고압반응 가마(액상유지)

화학반응기 종류 : 교반형, 진탕형, 회전형, 가스교반형 재질 : 스테인레스강, 티탄라이닝, 그라스라이닝

압력계 : 브로돈관식 안전밸브 : 스프링식, 박판식 온도계 : 수은, 열전대

펌프에서 발생하는 이상현상

캐비테이션(cavitation - 공동현상, 기포) : 물에 녹아있는 기체 및 수증기압이 배관 내에 흐르는 물의 정압보다 클 때 기체 및 수증기 증발로 일어나는 현상 → 소음, 진동 발생, 임펠러 및 가이드부식, 성능저하, 심하면 양수불능

- 방지법 : ① 펌프의 회전속도를 작게 ② 흡입 관경을 크게 ③ 펌프 설치위치 낮게
④ 펌프 두대 이상 설치 ⑤ 수직축 펌프사용 ⑥ 양흡입 펌프사용
⑦ 흡입 양정을 적게 ⑧ 기타 온도 및 점도가 큰 액체에 주의

캐비테이션 유효 흡입양정 : 캐비테이션이 일어나지 않을 정도의 최대 흡입양정

※ 유효 흡입양정이 필요 흡입양정의 1.3 배의 조건을 만족해야 캐비테이션이 발생하지 않는다.

수격작용(water hammering) : 펌프에서 물을 압송하고 있을 때 밸브의 급격한 조작이나 정전등으로 인해 펌프가 급히 멈춘 경우 관내의 유속이 급변하며 물에 심한 압력변화가 생기면서 벽을 치는 현상 → 밸브류 파손 및 소음, 진동

- 방지법 : 관경을 크게, 유속 느리게, 펌프에 플라이 휠을 설치하여 펌프의 속도가 급격히 변화하는 것을 방지, 관로에 고압 수조나 공기실 설치, 체크 밸브를 토출측에 설치하고 밸브는 적당히 제어, 에어 챔버 설치

베이프록(vapor-rock) : 저 비등점 액체 등을 이송할 때 액체의 끓는 현상으로 발생

- 원인 : 액 자체 또는 흡입 배관의 외부 온도상승, 회전수가 빠를 때, 흡입 관로의 막힘, 펌프 위치가 높을 때
-방지법 : 실린더 라이너 외부냉각, 흡입관 지름은 크게, 흡입배관 단열, 흡입관로 청소, 회전수 작게, 펌프 위치는 낮게

씨징현상 (터보압축기에서발생) : 토출측 저항이 커지면 유량이 감소하고 어느 유량까지 감소하였을 때 강한 맥동과 진동으로 불완전한 운전이 되는 현상으로 토출 배관에 수조나 공기저장기가 있을 때, 토출조절밸브가 공기실이나 수조의 하부에 있을 때 발생

- 방지법 : 배관내 경사를 완만히 하고 기계 가까이에 토출밸브 설치, 가이드 베인컨트롤에 의해 풍량 감소, 배관 내 공기 제거, 임펠러의 회전수를 변화시킨다, 펌프 양수량을 증가 시킨다

고압장치의 패킹 재료 : 구리, 납, 테프론, 석면

퍼지 방법 → 산소농도를 낮추는 경우 원하는 산소농도가 될 때까지 대기중으로 방출하고 퍼지방법을 계속 반복

진공 퍼지(저압퍼지 Vacuum Purging) : ① 큰 저장 용기에는 사용불가 ② 일반적으로 반응기의 퍼지(purge)에 사용
방법 : 용기를 원하는 진공도에 이를 때까지 진공한 후 불활성가스를 주입하여 압력이 대기압과 같게 형성

압력 퍼지(Pressure Purging) : ① 진공퍼지에 비해 퍼지시간이 매우 짧다 → 가압공정이 빠름
② 진공퍼지보다 많은 양의 불활성가스를 소모한다

방법 : 용기에 불활성가스를 주입하고 가압하여 용기내에서 충분히 확산시킴

스윕 퍼지(Sweep Through purging) : ① 용기나 장치가 압력을 가하거나 진공으로 할 수 없을 때 사용

→ Tig 용접에서 주로 사용 ② 큰 저장용기를 퍼지할 때 적합하나 많은 양의 불활성가스를 소모 → 경비 ↑

방법 : 용기의 한 개구부로부터 불활성가스를 주입하고 다른 개구부에서 혼합가스를 대기중으로 배출

※ 입구의 가스 유량과 출구의 가스 유량은 항상 같은 상태여야 한다

사이펀 퍼지(Siphon Purging) : 큰 저장용기를 퍼지할 때 경비를 최소화 하는데 사용

방법 : 용기에 액체(물)를 채우고 액체를 드레인하면서 불활성가스를 용기의 증기공간에 주입

※ 주입되는 불활성가스의 부피는 용기의 부피와 같고 퍼지속도는 액체를 방출하는 흐름 속도와 같다.

가연성 가스의 폭발 상, 하한 값 - 암기용

수소 (H ₂) : 4 ~ 75% (사철오수)	암모니아 (NH ₃) : 15 ~ 28% (암일오 이팔)
메탄 (CH ₄) : 5.3 ~ 14% (메오 삼일사)	아세틸렌 (C ₂ H ₂) : 2.5 ~ 81% (아이오 팔일)
에틸렌 (C ₂ H ₄) : 3.1 ~ 32% (삼일삼이에)	산화에틸렌 (C ₂ H ₄ O) : 3 ~ 80% (삼팔공산에)
프로판 (C ₃ H ₈) : 2.2 ~ 9.5% (프들이 구오)	부탄 (C ₄ H ₁₀) : 1.9 ~ 8.5% (부일 구팔오)
시안화수소 (HCN) : 6 ~ 41% (시안 육사일)	황화수소 (H ₂ S) : 4.3 ~ 45% (황사 삼사오)
메탄올 (CH ₃ OH) : 7.3 ~ 36% (메칠 삼삼육)	일산화탄소 (CO) : 12.5 ~ 74% (일산 일이오칠사)

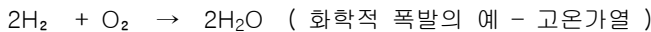
분자량: 아26, CO에틸28, 메올1632, 프44, 부58, 암17, 시안27

아세틸렌 생성식 CaC₂ + 2H₂O → Ca(OH)₂ + C₂H₂ 건조제 : 염화칼슘 (CaCl₂) 청정제 : 에퓨렌, 카타리솔, 리가솔

아세틸렌 불순물 : PH₃ (포스핀=인화수소), H₂S (황화수소), NH₃ (암모니아), CO (일산화탄소), CH₄ (메탄)

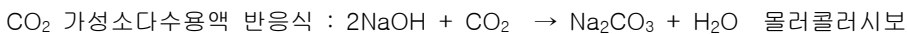
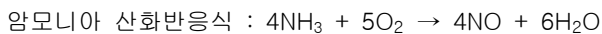
화합폭발 : 금, 은, 구리와 접촉하면 아세틸라이드 생성 → 폭발 구리 반응식 : C₂H₂ + 2Cu → Cu₂C₂ + H₂
 아세틸렌에 접촉하는 부분은 동 또는 동 함유량 62% 이하만 사용 다공도(%) : 75%~92% 가용전 105 ± 5°C

탈탄작용 : (수소취성) 고온 고압하에서 강재의 탄소와 반응하여 수소 취화를 일으킴 Fe₃C + 2H₂ → CH₄ + 3Fe
 수소폭명기 : 수소와 산소가 2 : 1의 체적비로 격렬하게 반응하며 물을 생성 → 530°C 이상이면 폭발



염소폭명기 : 수소와 염소가 1 : 1의 체적비로 빛과 접촉하면 심하게 반응 → 폭발
 $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$ (촉매 폭발의 예 - 촉매 : 빛)

염소가 황산에 탄소강 무게목 65 ~ 68°C 황동, 주강 가성소다, 탄산소다, 소석회



아동적, 염기청, 암리청, 시초청, 포하심, 일팔흑, 황당회 오르자트 : 이코삼, 산알피, 일영구

구리 사용금지 가스 : 아세틸렌 (C₂H₂), 암모니아 (NH₃), 황화수소 (H₂S) 아모황소는 구리금지

ppm: 염불포는 1 시안황소는 10 일산질소암은 25 일탄소산에는 50 SiH₄ 모노실란 ↘

역류가 총주 아유고 암메탑압 역화가 오아총 아건총 교수산아염 Si₂H₆ 디실란 ↗ 자연발화

관대지전위 1년 냉매는 997 알루 암동엠프2마알 c.p.s : 0.33, 0.55, 0.04, 0.05

내압시험 : 압축가스, 초저온 용기 : 최고 충전압력 × 5 / 3 배 기화기 : 설계압력 × 1.1 배 (물은 1.3배)

(TP) 아세틸렌 가스 : 최고 충전압력 × 3 배 고압설비 : 상용압력 × 1.5 배

기밀시험 : 압축가스, 액화가스 용기 : 최고 충전압력 이상, 최고충전압력 (FP)

(AP) 초저온 용기 : 최고 충전압력 × 1.1 배 아세틸렌 용기 : 최고충전압력 × 1.8 배

온도변화 = (273+온도) × 압력 = 값 × K - 273 $C = (F-32)/1.8 \leftrightarrow F = 1.8 \times C + 32$ $K = C + 273 \leftrightarrow C = K - 273$

압축가스 저장능력 = (10×압력+1) × 내용적 열팽창량(신축길이) = 배관길이×선팽창계수× 온도차 길팽도

액화가스 충전량 = 0.9×밀도×내용적 (m³) ⇒ 내용적이 L 이면 1m³=1000L 이므로 추가로 ×10³ (m³) 공구밀도용적

용접이음매 = $2.5 \times \sqrt{\text{반지름} \times \text{두께}}$ (mm) 절대압력 = + 게이지 - 진공 게이지 = 절대압력 - 대기압
 2.5루트 반두미리

$$\text{웨베지수} = \frac{\text{도시가스의 발열량}}{\sqrt{\text{가스의 비중}}}$$

발량에 루트비중

$$\text{위험도} = \frac{\text{폭발범위상한} - \text{폭발범위하한}}{\text{폭발범위하한}}$$

$$\text{이론 공기량} = \frac{\text{반응식에서의 산소} \times \text{부피}}{0.21 (\text{공기중 산소량})}$$

반응식 소피에 썸21

$$\text{연소열} = \frac{\text{연소된량} \times \text{발열량} \times 10^3}{22.4}$$

연소발열전에 22.4 kc3m

$$\text{가스조성비} = \frac{\text{남은시료가스량}}{\text{시료가스량}} \times 100$$

남시량에 시량은 백

$$\text{냉동능력(1일)} = \frac{\text{피스톤압출량}}{\text{냉매정수}}$$

피출에 냉정

$$\text{비례대} = \frac{1(\text{신호폭})}{\text{비레이득(조절기눈금)}} \times 100$$

$$\text{오차율(\%)} = \frac{\text{측정값} - \text{참값}}{\text{측정값}} \times 100$$

$$\text{응력} = \frac{\text{하중}}{\text{단면적}} \quad (\text{Kgf/cm}^2)$$

하중에면적 2세

$$\text{허용응력} = \frac{\text{인장강도}}{\text{안전율}} \quad (\text{Kgf/mm}^2)$$

인강에 안전 2미리

$$\text{스케줄번호} = 10 \times \frac{\text{사용압력}}{\text{허용응력}}$$

$$\text{가스비중} = \frac{\text{분자량}}{29(\text{공기분자량})}$$

$$\text{가스밀도} = \frac{\text{분자량}}{22.4(\text{몰})}$$

$$\text{가스비체적} = \frac{22.4(\text{몰})}{\text{분자량}}$$

$$\text{혼합기체 압력} = \frac{A\text{압력} \times A\text{부피} + B\text{압력} \times B\text{부피}}{\text{넣을 용기}}$$

압부플러스압부에 넣을용기 at

$$\text{잠열} = \frac{\text{열량 kcal}}{\text{질량 kg}}$$

↔ 질량×잠열량
열에질 잠질

$$\text{환산압력} = \frac{\text{주어진 압력}}{\text{주어진 압력의 표준대기압}} \times \text{구하려는 표준대기압}$$

주압에 주압표는 구표

$$\text{수두} = \frac{\text{압력} \times 10^4}{\text{비중} \times 10^3} \quad (\text{m})$$

만압에 천비 엠

$$\text{폴리트로픽 비열} = \frac{\text{폴리트로픽지수} - \text{비열비}}{\text{폴리트로픽지수} - 1} \times \text{정적비열} \quad (\text{kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C})$$

폴지마이너비비에 폴지마이너1은 정비 kckgc

$$\text{침입열량} = \frac{(\text{원래가스량} - \text{남은가스량}) \times \text{잠열}}{(\text{온도} + \text{비점}) \times \text{시간} \times \text{내용적}}$$

가스를빼고잠열에 플러스도비급시간용적으로 0.0005 kcal/h·°C·L
0.0005 kchcl

$$\text{연신율 (= 신장률)} = \frac{\text{나중길이} - \text{처음길이}}{\text{처음길이}} \times 100$$

$$\text{단면수축률} = \frac{\text{처음단면적} - \text{수축한최소단면적}}{\text{처음단면적}} \times 100$$

$$\text{송풍기효율} = \frac{\text{진압} \times \text{풍량} \times 60}{2646 \times \text{축동력}} \times 100 \quad (\%)$$

$$\text{송풍기효율} = \frac{\text{풍압} \times \text{풍량}}{75 \times \text{축동력} \times 60} \times 100 \quad (\%) \Rightarrow \text{마력일 경우}$$

압력, 부피, 질량, 비중등은 곱하기
온도는 가로플러스

유량계산은 다 곱하기

다공조성비례대와 연신율수축율은 곱하기 백

$$\text{열효율} = \frac{\text{질량} \times \text{비열} \times \text{온도차}}{\text{연료소비량} \times \text{연료발열량}}$$

질비온에 소량발량

$$\text{전열면적} = \frac{\text{냉각부하}}{\text{열관류율} \times \text{평균온도차}} \quad (\text{m}^2)$$

냉부에 관류온도차는 미투

$$\text{공기혼합량} = \frac{\text{발열량}}{\text{변경할 발열량}} - 1 \quad (\text{m}^3)$$

발량에 변량은 마이너 1 3m

$$\text{저장탱크 유지거리} = \frac{A\text{지름} + B\text{지름}}{4}$$

지름플러스에 4

$$\text{정적비열} = \text{정압비열} - \frac{1}{427} \times \text{상수} \quad (\text{kcal/kg} \cdot \text{K})$$

압비마이너 1에 427은 상수 kckgk

$$\text{엔트로피 변화량} = \frac{\text{열량변화}}{(K + \text{온도})}$$

열변에 K도는 kckgf.k

$$\text{다공도} = \frac{\text{다공물질의용적} - \text{침윤잔용적}}{\text{다공물질의용적}} \times 100(\%)$$

$$\text{영구(항구) 증가율} = \frac{\text{항구증가량}}{\text{전증가량}} \times 100$$