

사례 6 암모니아 제조공정 개요

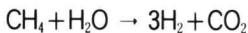
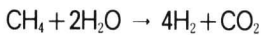
1. 제조공정 개요

재해가 발생한 사업장은 다음 공정에 의해 액체 암모니아를 하루 800t 정도 생산해 낸다.

암모니아 제조공정의 개요는 다음과 같다.

(1) 개질공정(改質工程)

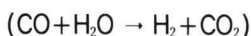
메탄을 주성분으로 하는 원료가스에 압축기를 이용, 약 39kg/cm²의 압력을 가해 유히를 제거한 후, 수증기를 혼합해 일차 개질화로로 보내, 수소, 이산화탄소 및 일산화탄소를 생성시킨다.



일차 개질화로에서 나온 가스는 이차 개질화로로 보내어지고, 공기와 섞여 개질반응을 일으킨다.

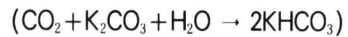
2) 변성공정

개질공정으로 얻어진 수소, 일산화탄소, 이산화탄소, 질소의 호흡가스는 변성탑으로 이동해 일산화탄소를 변성시킨다.



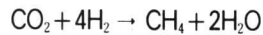
3) 탄산가스 제거공정

변성탑에서 나온 가스는, 탄산칼륨 수용액에 의해 이산화탄소가 제거된다.



4) 메타네이션(methanation) 및 건조공정

앞의 두 공정에 의해 제거되지 않고 남아있는 미량의 일산화탄소와 이산화탄소는 수소와 반응, 메탄을 상태로 제거시킨다.



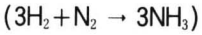
5) 정화공정

정제된 질소 및 수소 혼합가스는 약 -180°C에서 냉각되어 질소와 수소의 비율이 1:3이 되도록 조정한다.

6) 합성공정

혼합가스는 압축기로 200kg/cm²의 압력을 가한

후, 합성탑으로 보내 약 500°C에서 암모니아가 합성된다.



7) 액화분리공정

합성탑에서 나온 가스는 여러개의 열교환기를 지나 고압분리기에서 액화분리된다. 분리된 암모니아는 탱크로 보내져 저장된다.

이번 재해는 암모니아 합성의 마지막 공정인 액화분리기에서 발생했다.

고압분리기는 해당 공정의 주요설비로 열교환기에서 냉각된 암모니아를 액화분리하기 위한 장치인데 내용적은 약 9m³, 높이는 7m, 직경은 2m되는 원통형모양을 하고 있다(그림 1 참조).

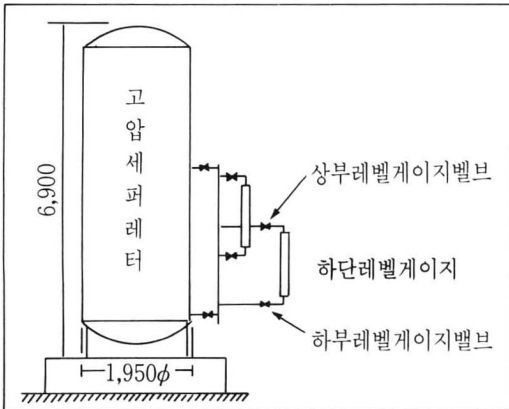


그림 1. 고압세퍼레이터

2. 발생상황

고압분리기에 대해 정기개방검사를 실시했다. 그 후 약 2주일정도 지나 합성 및 액화분리공정설비에 질소로 24kg/cm²의 압력을 가해 장치의 밀폐상태를 검사했는데 고압분리에 달린 레벨계기로부터 미량의 질소가스가 새어나오는 것이 발견되었다.

다음날, 레벨계기의 롤링 및 가스켓을 교환하고 며칠동안 그대로 방치해 두었다. 교환한 롤링에 가스가 새는지의 여부는 암모니아 합성작업을 하면서 확인하기 시작했다.

운전을 시작한지 3시간 지난후 고압분리기의 압력이 40~45kg/cm²이 되었을 때 레벨계기와 분리기 본체를 연결하는 배관의 밸브를 열고, 누출 여부를 점검해 보았지만 이상이 발견되지 않았다. 9시간 후, 압력이 70kg/cm²이 되었을 때나 13시간 후, 압력이 175kg/cm²이 되었을때에도 각각 점검해 보았지만 역시 이상이 없었다.

다음날 아침 9시경 공장 소속 조직원 갑이 장치 점검을 위해 순찰을 돌았는데 고압분리기의 하단 레벨계기에서 소량의 암모니아가 새어나오는 것을 발견, 계기실에 알렸다.

갑은 고압분리기의 하단 레벨계기의 윗쪽 레벨계기밸브를 잠그고 계기실에서 뛰어나온 갑의 상사인 을은 동 레벨계기의 아래쪽 레벨계기밸브를 잠그는 작업을 시작했다. 작업도중에 새어나온 암모니아의 양이 많아져 상부 밸브의 잠금작업을 하던 갑은 두 다리가 암모니아에 노출되어 부상을 입었다. 그리하여 암모니아 합성과정의 후반부 메타네이션공정 이후 작업을 멈추고 암모니아를 제거하기 위해 고정식 살수설비를 작동시켜 9시 30분경 자위소방대가 살수작업을 시작했다. 그리고 고압분리기의 압력을 낮추기 위해 암모니아가 들어가는 파이프에 설치된 계기의 작동을 멈추었더니 가스누출 현상이 멈췄다.

3. 발생원인

(1) 고압분리기의 롤링 및 가스켓교환 작업은 원래 레벨계기를 본체에서 떼어낸뒤 실시하게 되어 있는데 본체에 정착된 상태에서 작업을 진행했기 때문에 롤링 등이 정확한 위치에 끼워맞춰지지 않았던 점.

(2) 롤링 교환 후, 질소가스 등으로 공기밀도테스트를 실시해 가스누출 여부를 확인하지 않은 채 바로 생산단계의 운전을 시작, 고압암모니아가 레벨계기에 들어가게 된 점

(3) 레벨계기에서 암모니아가 새어나오는 것을 발견했을 때 고압분리기의 압력을 낮추어 누출현상을 멈추게 하지 않고 작업을 실시한 점

(4) 레벨계기의 작동을 멈추는 작업에 임할 때,

방독면 등의 호흡용보호구나 보호의를 착용하지 않은 점

4. 방지대책

(1) 고압상태에서 사용하는 레벨계기의 seal등을 교환할 때는 레벨계기를 설비에서 분리시켜, 안정된 작업장소에 설치된 뒤 실시하고 seal을 확실하게 고정시킬 것.

(2) 고압상태에서 사용되는 설비를 분해하거나

수리한 후에는 질소 등 불활성 가스나 액체 등을 이용해 해당 설비의 공기밀도를 확인한 후 사용할 것

(3) 암모니아 등의 가스누출 현상을 발견했을 때는 곧바로 원료가스의 공급과 설비가동을 멈추도록 할 것.

(4) 부득이하게 새어나온 암모니아가스에 누출된 상태에서 작업을 진행해야만 할 경우에는 작업자에게 호흡용보호구나 보호구를 착용시키도록 한다.

사례 7 냉동설비에서 새어나온 암모니아에 의한 중독

1. 발생상황

재해가 발생한 사업장은 수산물 매입, 판매, 냉동 업무를 위해 4대의 냉동기가 설치되어 있다. 냉동기 운전은 3명의 직원으로 구성된 공무과가 담당하고 있으며 2교대로 작업을 한다(낮근무 2명, 밤근무 1명).

재해발생 전날 냉동고 안에 있는 생선의 양이 줄어들어 배관에 고압가스를 뿌려 서리제거작업을 했다. 재해발생 당일 오후 5시경, 주간근무자가 퇴근한 뒤였으므로 1명만이 야근을 하고 있었다. 이날 오후 11시경 사업장에 인접한 주택으로부터 암모니아가스 누출 신고를 받은 소방서원들이 급히 출동했다.

냉동기실의 가스누출을 확인한 구급대원이 안에 들어가 죽어있는 피해자를 발견, 바깥으로 옮겼다. 그 후 암모니아 가스누출을 냉동기실의 2호 low-receiver-tank(액체 암모니아를 저장하는 탱크)하부의 여과기에서 발생하는 것이라고 판단, 풀린 플랜지볼트 4개를 꼭 조였더니 가스누출이 멈췄다.

2. 발생원인

(1) 암모니아가 새어나온 여과기는 평상시 열어놓고 작업을 하는 경우는 없는데 전날 냉동고 배관에 고압가스를 살포, 서리작업을 했기 때문에 배관 내에 고여있던 오일이 고압가스와 같이 low-receiver tank안으로 들어가 여과기에 고여서 이것을 제거하기 위해 열어놓게 되었다. 보통 여과기 개방작업을 할 경우에는 압축기로 여과기와 펌프에서 암모니아를 뽑아내게 되어 있는데 펌프 주의 배관에 설치된 밸브의 핸들에 얼음이 붙어버려 핸들이 돌아가지 않아, 밸브 조작이 불가능해 여과기 내부에 암모니아가 채워진 상태에서 작업을 진행했다.

(2) 피해자는 산소호흡기를 쓰고 있었지만 산소공급이 이루어지지 않아 암모니아를 흡입하게 되었다.

(3) 단독으로 야간 작업을 하게 되었음에도 불구하고 비상사태시 원조요청 등 적절한 조치를 취할 수 없었다.

3. 방지대책

(1) 다량의 암모니아에 노출된 위험이 있는 여과기 개방작업시에는 장치내에 있는 암모니아를 가능한 한 제거하고, 작업장소를 환기시키면서 호흡용 보호구를 착용한 상태에서 작업을 실시할 것.

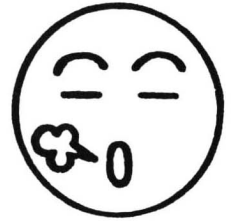
(2) 여과기 개방작업시에는 야간 단독작업을 피하고 감시인을 포함한 여러명이 작업을 하도록 한다.

(3) (1)과 (2)에 관해 작업규정을 작성하고 작업원에게 안전위생교육을 실시하여 작업규정을 철저히 지키도록 할 것.

(4) 자주 개방하는 여과기나 암모니아가 체류하는 설비를 연결하는 배관밸브 등은 이중으로 설치해 암모니아가 여과기 안에 흘러들어오지 않도록 할 것. **산업보안**



식성 배시성 고려하여야 할 질환



작업명	고려하여야 할 질환
유기인(有機燐)	자율신경계 질환, 중추신경계 질환, 간(肝)질환
자극성 가스	호흡기계 질환
아황산 가스	상기도염, 기관지염 등 호흡기 질환, 만성결막염, 간(肝)질환
황화수소	각막염, 신경계 질환, 후각(嗅覺)장애
이황화탄소	신경계 질환, 정신병질환, 간질(癇疾), 내분비계 질환, 신(腎)염, 간(肝)질환, 동맥경화, 시(視)신경염, 후각(嗅覺)장애
벤지딘 및 β나프틸아민	방광염 등의 요로(尿路)질환, 간(肝)질환, 신(腎)질환
방향족(芳香族).	빈혈 등의 혈액질환, 간(肝)질환
니트로아미노 화합물	
지방족(脂肪族).	신경계 질환, 간(肝)질환, 신(腎)염
할로겐화(化) 탄화수소	
5염화 석탄산	저혈압, 간질환, 당뇨병, 신경계 질환, 위·십이지장궤양
비소(砒素)	다발성 신경염, 빈혈, 간(肝)질환
니트로글리콜	심관(冠)동맥 질환, 저혈압, 간질(癇疾), 빈혈
알코올·케톤	간질환, 중추신경계 질환, 시(視)신경염, 알코올중독
벤젠 및 동족체(同族體)	빈혈 등의 혈액질환, 간질환, 신경계 질환
유기주석(錫)	신경계 질환, 간(肝) 및 담도(膽道)질환
일산화탄소	당뇨병, 고혈압, 심장질환, 신경계 질환

(근거 : 日本勞動衛生研)