질소역류에 의한 질식 사고사례 (KOSHA-MIA-전북-2104)

본 OPL은 국내에서 발생한 화학사고에 대하여 안전보건공단에서 동종사고의 재발방지를 위하여 관련 사업장에 무료로 배포하고 있으니, 근로자에게 충분히 교육하여 동종사고가 발생하지 않도록 만전을 기하여 주시기 바랍니다.

금번 사고는 **재해조사가 진행 중인 사안**으로 동종재해예방을 위하여 적시에 배부하오니 **참고용으로만 활용**해주시기 바랍니다.

질소 역류에 의한 질식사고

< 재해개요 >

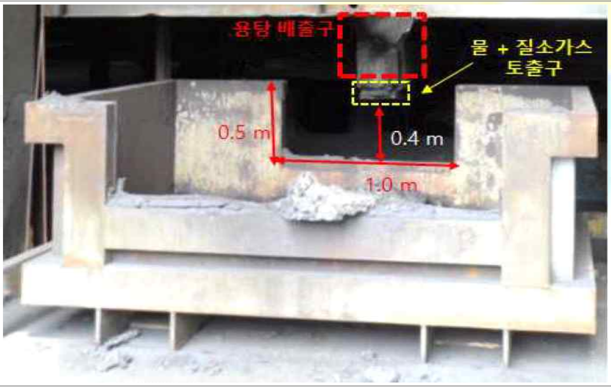
2021. 05. 30.(일) 09시 31분경 울산 소재 OOO(주) OF1공장* 2번 Furnace(로)의 분진 및 질소가스를 포집하는 국소배기장치(Bag Filter 타입)에서 Pulsing**으로 사용하던 질소(4.2 kgf/㎠.G)가 배기덕트를 통해 Metal Case(금속포집박스)***로 역류되어 근로자 2명(내부1명, 입구1명)이 쓰러져 있는 것을 동료 작업자가 발견하고 병원으로 이송하였으나 사망한 재해로 Metal Case 내부로 근로자가 들어간 이유는 불명함.

*OF1 : Onsan Fumer의 약자로 공장 이름임

**Pulsing : 백필터의 여과포에 흡착된 분진을 일정 시간 간격으로 순간적으로 많은 양의 질소를 공급하여 탈진 하는 것으로 흡입 성능을 유지하기 위함

***Metal Case : Furnace에서 배출되는 용탕에 물과 질소 가스를 분사시켜 만들어진 Granule(작은 알갱이)을 포집하는 박스

[Metal Case 모습]



[용탕배출구 및 분사토출구]

[국소배기장치 흐름]

[재해자 발견장소]

고용노동부

산업재해예방 안전보건공단

질소역류에 의한 질식 사고사례 (KOSHA-MIA-전북-2104)

① 사고발생 공정 및 물질

❍ 사고발생 공정 : OF1공장

- 재해 발생 공장은 아연정광을 수입하여 불순물을 제거한 후 산화아연을 생산하는 공장으로 OF1 공장은 2개의 Furnace(로)에서 아연정광을 약 1,300 ℃로 용융하여 아연 흄(Fume)을 고형화 시켜 제품으로 생산하고 구리가 포함된 부산물(Cu Speiss)은 Granule로 만들어 타 공장의 원료로 사용함

❍ 사고설비 : Metal Case

설비명	W×D×H (m)	Case 개수	역할	배기장치
Metal Case	2.33×4.8×1.7	3개 (측면으로 연결)	#F2에서 출탕되는 용탕을 Granule시켜 포집하는 박스	상부덮개에 덕트를 설치하여 국소배기장치로 연결

- 질소유입 원인설비 인 국소배기장치는 Metal Case 상부 덮개 → 덕트 → 싸이클론(Cyclone) → 백필터(Bag Filter) → 송풍기(Blower) → 배기덕트 → 대기 배출로 구성됨

❍ 사고발생물질 : 질소(7727-37-9)

물질명 (CAS No.)	함유량 (%)	유해·위험성 / 응급조치요령	개인보호구	증기밀도 (air=1)
질소 (7727-37-9)	100	•증기는 자각없이 현기증 또는 질식을 유발할 수 있음 •신선한 공기가 있는 곳으로 이동 •호흡이 힘들 경우 산소 공급	•산소가 부족한 경우 (<19.6 %) 송기마스크 또는 자급식 호흡 보호구를 착용	0.97

② 사고발생원인

❍ Pulsing 다이어프램 밸브 누설에 의한 질소 역류

- 백필터의 Pulsing 다이어프램 밸브가 누설되어 국소배기장치를 사용하지 않더라도 연결된 덕트를 통해 질소가 역류하여 Metal Case 내부로 유입됨

❍ Blower와 Pulsing 연동장치 미설정

- 작업자가 판넬에서 개별 스위치를 조작하여 Pulsing과 Blower를 가동하고 있어 실수로 Pulsing 스위치를 끄지 않는 경우 질소가 역류하여 Metal Case로 유입됨

❍ 국소배기장치 점검 방법 부적절

- 질소를 사용하는 국소배기장치는 Pulsing 다이어프램 밸브가 새는 경우 역류의 가능성이 있어 반드시 가동 중인 상태에서 밸브 상태를 확인하여야 하나, 점검일에 미가동 및 우천 등으로 점검을 실시하지 않음

❍ 도면 관리 미흡

- OF1 공장의 P&ID에 Metal Case, 국소배기장치, 질소 배관 등이 업데이트가 되지 않은 상태로 관리됨

질소역류에 의한 질식 사고사례 (KOSHA-MIA-전북-2104)

❍ 질소 사용 작업 및 설비에 대한 위험성평가 미실시

- 질소를 사용하는 경우 질식의 위험이 있음에도 질소 사용 작업(Granule 작업), 사용 설비(국소배기장치)에 대해 사전에 유해・위험요인을 발굴하는 위험성평가를 미실시함

③ 동종사고 예방대책

❑ 질소 대체

❍ (분사 가스) Granule 작업 시 사용하는 질소를 Air로 교체하여 운전

❍ (Pulsing 가스) OF1~6공장에서 사용하고 있는 Pulsing용 질소를 건조공기로 교체하여 사용(권고)

※ 단, 건조공기로 교체하는 경우 화재·폭발의 위험을 사전에 검토하여 교체

❑ 질소 계속 사용하는 경우

❍ 역류 방지 시스템 수립

- 국소배기장치 연동장치 설정
  - Blower 정지 상태에서 Pulsing이 이뤄지는 경우 질소가 역류할 수 있어 Pulsing은 Blower가 가동되는 경우에만 작동되도록 연동장치 설정
- Pulsing 다이어프램 밸브 누설 시 역류 방지
  - 다이어프램 밸브가 누설되는 경우에도 후드로 질소가 역류되지 않도록 시스템 보완 (예. Blower 정지되는 경우 Pulsing용 질소 메인 배관 차단 등)

❍ Metal Case 개구부 크기 축소

- OF1~6 공장의 Metal Case 개구부 크기를 확인하여 덮개를 개방하기 전에는 근로자가 내부로 들어가지 못하도록 개구부 크기 축소

❍ 산소농도 감지기 설치

- 질소를 사용하거나 역류되어 유입될 수 있는 장소(Tapping 작업공간 중 부스식후드 등)에 산소농도 감지 및 경보장치를 설치

※ 경보장치는 근로자가 항상 상주하는 곳에 설치

❍ 위험성 평가 실시

- 질소를 사용하는 작업에 대해 유해・위험요인을 발굴하여 개선대책을 수립할 수 있도록 위험성 평가 실시

❑ 기타 개선 사항

❍ 국소배기장치 점검 방법 및 내용 변경

- 일상점검은 생산팀 직원 입회하에 국소배기장치를 가동하여 밸브 누설 등 이상여부를 확인하도록 지침 변경

❍ 최신 도면 Up-Date경

- P&ID에 Metal Case, 국소배기장치, 질소 배관 등을 포함하여 Up-Date 하고, 국소배기장치의 세부 도면을 작성하여 관리