

NCC 분해가스 압축공정 폭발 사고사례 (KOSHA-MIA-202013)

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.

NCC 분해가스 압축공정 폭발사고

< 재해개요 >

2020년 3월 충청남도 ○○○사업장의 NCC공장 압축공정 분해가스 압축기의 3단 토출부 신축이음(Expansion Joint, 20")이 파단되어 에틸펜, 프로필렌 등을 포함한 다량의 납사(Naphtha) 분해가스가 누출되어 대규모의 폭발·화재가 발생한 사고임

※ 사업장(인근사 포함) 근로자 24명 부상(휴업 및 요양포함), 인근 지역주민 및 재산피해 발생



[사고발생 압축기동 위부전경]



[사고발생 설비 - 신축이음]



<북쪽 방향1>



<북쪽 방향2>



<동쪽 방향>



<서쪽 방향>

[신축이음(벨로우즈) 방향에 따른 파손형태]

NCC 분해가스 압축공정 폭발 사고사례 (KOSHA-MIA-202013)

1 사고발생공정 및 물질

○ 사고발생공정 : NCC공장의 압축공정

열분해 공정	<ul style="list-style-type: none"> 원료인 납사를 약 1,000 °C 이상의 고온에서 열분해하여 여러 성분의 탄화수소 화합물로 분리하는 공정 주요설비 : 분해로(Fired Heater)
↓	
급냉 공정	<ul style="list-style-type: none"> 분해로에서 열분해된 물질을 냉각시켜 부반응을 억제하고 급냉 타워에서 냉각 후 탑 하부로는 RPC를 생산하여 BTX 공장의 원료를 공급하고, 탑 상부로 분리된 탄화수소를 압축공정으로 이송 주요설비 : 급냉탑(Quench Tower)
↓	
압축 공정	<ul style="list-style-type: none"> 냉각된 탄화수소를 저온 고압으로 압축시켜 정제공정으로 이송 주요설비 : 분해가스 압축기(Process Gas Compressor)
↓	
정제 공정	<ul style="list-style-type: none"> 압축 건조된 탄화수소는 -167도까지 냉각되어 증류탑, 반응기, 흡수탑, 정류탑 등을 거치면서 단계별로 각 제품으로 분리하는 공정 주요설비 : Splitter 등 증류탑

○ 사고발생물질

물질명 (CAS No.)	물질 상태	인화점 (°C)	폭발한계 (%)	발화점 (°C)	증기밀도	비고 (wt%)
에틸렌 (74-85-1)	기체	자료없음	2.7 - 36	450	0.97	33.1%
프로필렌 (115-07-1)	기체	-107	2 - 11.1	460	1.45	16.2%
메탄 (74-82-8)	기체	자료없음	5 - 15	537	0.554	14.3%
에탄 (74-84-0)	기체	자료없음	3 - 12.5	472	1.05	5.7%
부타디엔 (106-99-0)	기체	-76	1.1 - 16.3	414	1.9	6.1%
이소부텐 (115-11-7)	기체	-76.1	1.8 - 9.6	465	1.94	2.6%
수소 (1333-74-0)	기체	자료없음	4 - 76	500	0.07	1.1%
기타 (프로판 등)	기체	-	-	-	-	약 20.9%

2 사고발생원인(추정)

○ 공장 증설 시 신축이음 설계 및 설치(시공) 미흡

- 공정설비 증설로 인한 변경 사항에 대해 설계 단계에서 기술선(Licensor)에서 권고하는 사양이 적절하게 반영되지 않았으며, 현장 설치(시공) 미흡으로 인해 제작 사양 대비, 필요이상의 응력이 가해졌을 것으로 추정됨.

○ 점검·정비 규정 부재, 설비점검 및 관리미실시

- 신축이음, 배관지지대에 대한 점검·정비규정이 없어, 주기적인 점검 및 관리를 실시하지 않았음.

○ 설비의 가동전 점검 미흡(추정)

- 공정설비 증설로 인한 변경 및 정기보수 후 실시한 가동전 점검 시 배관 플랜지의 정렬 상태, 신축이음 설치 상태 등 배관설비에 대한 가동전 점검 실시 상태가 미흡하였음.

○ 공정위험성평가 실시 상태 미흡

- 신축이음이 설치된 압축기 토출부에 대해 반복적인 진동, 변위 등에 의한 설비 파단으로 인한 화재·폭발·누출 위험요인을 도출하지 않는 등 공정위험성평가 실시상태가 미흡하였음.

3 동중사고 예방대책

- 공장 증설 시 설계 및 설치(시공) 관리 철저
 - 기술선(Licenser) 또는 제작사의 설계사양, 관련 규격(Code, Guide, Specification 등)을 빠짐없이 반영하여 설계 및 설치(시공)하도록 철저히 관리하여야 함.
- 설비 점검·정비·관리규정 제정, 설비관리 철저
 - 신축이음, 배관 지지대에 대한 주기적인 관리를 할 수 있도록 관련 설비 점검·정비 규정을 제정하여, 설비별로 위험등급에 따라 적합한 점검주기로 점검을 하여야 함.
- 설비의 가동전 점검 철저
 - 설비 설치가 끝난 후에는 발주자 및 설치사가 서류 및 현장점검(가동 전 점검 등)을 철저히 하는 등 공장운영에 필요한 장치 및 설비가 적합하게 설치되어 있는지 철저히 관리하여야 함.
- 공정위험성평가 실시 철저
 - 위험물질 누출로 인해 화재·폭발 위험이 높은 설비 및 부속설비의 경우, 해당 구간에서 유해·위험을 일으킬 잠재적 가능성이 있는 유해·위험 요인을 파악하여 위험성을 추정, 결정하여 감소대책을 수립·실행하는 등의 공정위험성평가를 통해 사업장 안전보건을 확보할 수 있도록 하여야 함.

※ 국내 NCC공장 14개사(건설 진행 중 포함)의 압축기 연결배관은 고정배관(12개소), 벨로우즈(2개소)로 설치됨

유기촉매 누출로 인한 화재·폭발 사고사례 (KOSHA-MIA-202014)

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.

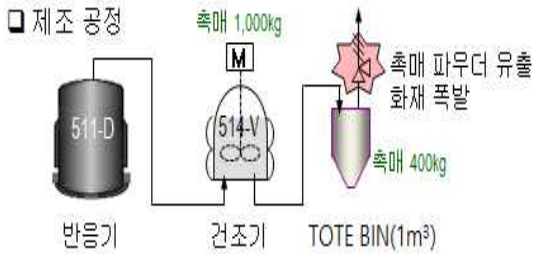
금번 사고는 **재해조사가 진행 중인 사안**으로 동종재해예방을 위하여 적시에 배부하오니 **참고용으로만 활용**해주시기 바랍니다.

촉매연구 개발센터 폭발·화재 사고

< 재해개요 >

2020년 5월 충청남도 ○○○사업장의 촉매연구개발센터(ACS)*에서, 생산된 촉매제품을 이동식 용기(1m³, TOTE BIN)에 충전 작업 중 원인불명의 과압으로 안전밸브가 동작되어 포장실 내부로 배출되면서 발생한 폭발·화재에 의하여 작업자 3명이 상해를 입은 재해임

* 촉매개발연구센터(ACS) : Advanced Catalyst Solution, 금속산화물 촉매 제조공정, 메탈로센 촉매 제조공정 등 ○○○사업장에서 사용하는 촉매를 연구, 제조하는 센터



[사고공정 개략도]



[사고발생 유사설비(동일형식) 전면(좌) 및 상부(우)]

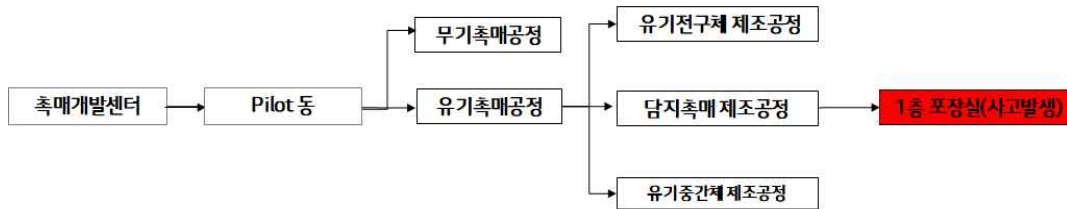
1 사고발생공정 및 물질

○ 사고발생물질 : HDPE 공정 등에 사용되는 폴리올레핀 소재 생산을 위한 유기촉매

화학물질명	CAS No.	함유량(%)	반응위험성
Silicon dioxide	7631-86-9	46.0~52.0	
Aluminoxanes, iso-Bu Me, branched, cyclic and linear	146905-79-5	27.0~34.0	물반응성
기타(영업기밀)	-	14.0~27.0	

유기촉매 누출로 인한 화재·폭발 사고사례 (KOSHA-MIA-202014)

○ 사고발생과정 : 촉매제조공정의 1층 담지촉매 포장실



2 사고발생원인(추정)

○ 안전밸브 토출부 미연결

- ‘산업안전보건기준에 관한 규칙 제267조(배출물질의 처리)’에 따라 사업주는 안전밸브 등 으로부터 배출되는 위험물은 연소·흡수·포집 또는 회수 등의 방법으로 처리하여야 하나, 사업장에서 안전밸브 토출부가 연결되지 않아 안전밸브로부터 반응성이 큰 촉매가 포장실 내부로 직접 배출되어 2차 사고(폭발·화재)가 발생되었음.

○ 이동식 용기와 플랜지 연결 부적정

- Flange 체결불량에 의해 외기가 유입되는 경우 이동식 용기 내부 촉매와 반응하여 안전밸브를 통한 촉매 토출위험이 있었다. 이동식 용기로 촉매를 충전하는 작업 중 작업자가 Flange 체결을 완료하지 못하였을 것으로 추정됨.

3 동종사고 예방대책

○ 안전밸브 토출부 안전한 장소로 연결

- 사업장에서는 ‘산업안전보건기준에 관한 규칙 제267조(배출물질의 처리)’에 따라 안전밸브 토출부를 안전한 장소로 유도하여 2차 사고를 예방하여야 함.

○ 작업절차서 보완(플랜지 체결) 및 교육 실시

- 사업장은 작업절차서를 통해 작업자가 안전하게 작업할 수 있도록 보완 및 교육하여야 한다. 작업절차서에 작업자가 Flange를 불완전하게 체결할 경우를 대비하여 재확인 절차, 체결자 외 다른 인원이 확인하는 2중 확인절차 등을 보완하여 작성하고 교육하여야 한다. 또한, 작업절차서에 이상반응에 대비하여 소량 충전 후 일정시간 반응여부를 확인하는 절차의 추가도 검토할 필요가 있음.

배관절단 작업 중 화상 사고사례 (KOSHA-MIA-202015)

본 OPL은 국내에서 발생한 화학사고에 대하여 안전보건공단에서 동종사고의 재발방지를 위하여 관련 사업장에 무료로 배포하고 있으며, 금번 발생한 사고사례는 동종재해 예방을 위하여 적시에 배부하오니 근로자에게 충분히 교육하여 동종사고가 발생하지 않도록 만전을 기하여 주시기 바랍니다.

배관 절단 작업 중 화상사고

< 재해개요 >

2020년 3월 충청남도 ○○○사업장의 유기실리콘(실란트) 제조공장 MCS 증류공정에서 대정비 보수작업 중, 부산물 탱크 상부배관에 신설배관을 추가 설치하기 위해 기존배관(3/4")을 핸드그린더로 절단 작업 중 배관 내부 위험물질이 누출되면서 폭발·화재가 발생하여 작업자 2명이 화상 등 피해를 입은 사고임

※ MCS : Methyl Chloro Silane, 실리콘 모노머 혼합물로서 유기실리콘(실란트)의 주 연료임



1 사고발생공정 및 물질

○ 사고발생공정

	공정	공정 내용
Up Stream	Si Metal 분쇄	• 덩어리 형태의 급속 규소를 분쇄하여 기초 원료인 규소 파우더를 제조
	MC 합성	• 염산과 메탄올을 반응시켜 기초원료인 메틸클로라이드를 합성
	MCS 합성	• 실리콘 모노머 합성 반응기에 규소파우더와 기체 상태의 메틸클로라이드를 투입, 실리콘 모노머를 합성
	MCS 증류 (사고공정)	• 9개의 증류탑을 이용해 합성된 실리콘의 모노머를 고순도의 단일물질(M1, M2, M3, M4, STC)로 분류 및 저장

배관절단 작업 중 화상 사고사례 (KOSHA-MIA-202015)

○ 사고발생물질

물질명 (CAS No.)	성상	인화점 (°C)	끓는점 (°C)	증기밀도 (공기=1)	증기압 (mmHg)	발화점 (°C)	함유량 (%)
M3, Trimethylchlorosilane (75-77-4)	액체	-27.7	57	자료없음	200 (@25°C)	443	50
STC, Silicontetrachloride (10026-04-7)	액체	비가 연성	57	5.9	236 (@25°C)	해당 없음	50

2 사고발생원인

○ 배관 내 위험물 제거 조치 미실시

- 배관을 용접하거나 절단하는 경우 배관 내부에 위험물질을 완전히 제거하지 않고 배관 절단작업을 실시하여 절단면에서 잔유물이 누출되어 인화됨.

○ 화재위험작업 시의 준수 사항 미준수

- 관리감독자가 없는 상태에서 작업자만 현장에 투입되어 절단작업을 수행하였으며, 작업절차가 수립되지 않았고, 안전보호구 착용 여부 등을 확인하지 않음.

○ 안전작업허가서 절차 준수 미흡

- 화기작업허가 승인 시 안전조치 사항인 “소화기 비치”, “보호구 착용”, “가스농도 측정”, “작업위험성 평가” 를 적정하게 수행하지 않음.

배관절단 작업 중 화상 사고사례 (KOSHA-MIA-202015)

3 동종사고 예방대책

○ 배관 내 위험물 제거 조치 철저

- 배관을 용접하거나 절단하는 경우 배관 내부에 위험물질을 완전히 제거하고 불활성화하는 등 화재 폭발위험이 없도록 안전조치를 실시하고 작업을 하여야 함.

○ 화재위험작업 시의 안전조치사항 준수 철저

- 가연성물질이 있는 장소에서 화재위험작업을 하는 경우에는 화재예방에 필요한 다음 사항을 철저히 준수하여야 함.

- 1) 작업준비 및 작업절차 수립
- 2) 화기작업에 따른 인근 가연성 물질에 대한 방호조치 및 소화기구 비치
- 3) 용접불티 등 비산방지조치
- 4) 인화성액체의 증기나 가스가 남아있지 않도록 환기 등의 조치
- 5) 작업 근로자에 대한 화재예방 및 피난교육 등 비상조치

○ 안전작업허가서 발행 및 승인 시 안전조치사항 확인 철저

- 화기작업 등 안전작업 허가서 발행 시 생산부서의 안전조치 필요여부 및 작업부서의 안전조치 준수 여부에 대한 작업 시작 전 철저히 확인하여야 하고, 안전작업허가서 승인권자는 최종적으로 현장에 안전조치를 직접 확인하고 허가서를 승인한 후 작업을 시작하도록 하여야 함.

○ 작업위험성평가 철저

- 화학공장 정기보수 등 임시로 수행되는 작업에 대해서도 도급·수급인이 참여하는 작업위험성평가를 실시하고 작업 시작 전까지 해당 작업자들에게 위험성평가 내용을 주지시켜야 함.

고온물질 접촉에 의한 화상 사고사례 (KOSHA-MIA-202016)

본 OPL은 국내에서 발생한 화학사고에 대하여 안전보건공단에서 동종사고의 재발방지를 위하여 관련 사업장에 무료로 배포하고 있으며, 금번 발생한 사고사례는 동종재해 예방을 위하여 적시에 배부하오니 근로자에게 충분히 교육하여 동종사고가 발생하지 않도록 만전을 기하여 주시기 바랍니다.

고온물질 접촉에 의한 화상사고

< 재해개요 >

2019년 7월 충청남도 ○○○사업장의 수첨 공정에서 수첨유 순환펌프의 이상현상*으로 예비펌프 전환 후 수첨유 순환펌프 후단에 잔류하는 수첨유를 폐유탱크로 이송하기 위해 연결한 임시배관(고무 재질)이 질소로 가압(2 kgf/cm²)하는 중 이탈되면서 고온의 수첨유(250℃ 이상 추정)가 누출되어 작업자 종아리에 화상을 당한 재해임.

*이상현상 : 펌프의 단락이나 베어링 상태에 이상이 발생



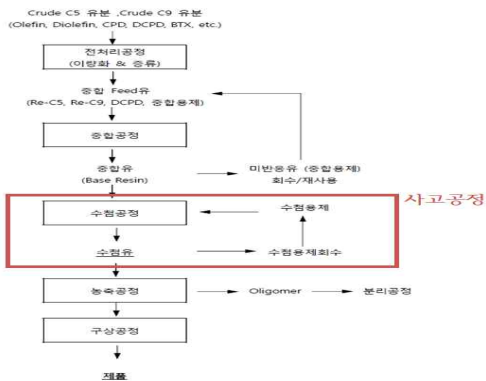
[드레인 배관 임시배관 연결부분]



[사고당시 사용 임시배관(3/4인치)]

1 사고발생공정 및 물질

○ 사고발생공정 :



○ 사고발생물질

명칭	물질명 구성성분	함유량	물질 상태	폭발 한계(%)	인화점 (°C)	비중 (-)	발화점 (°C)	비고
수첨유	수소치리된 중질 나프타	40%	액 체	0.6 ~ 7	40	1.0~ 1.05	200	중간 생성물
	CAS No. 64742-48-9 탄화수소 C6 - 20 중합물 CAS No. 69430-35-9	60%						

고온물질 접촉에 의한 화상 사고사례 (KOSHA-MIA-202016)

2 사고발생원인

○ 임시배관 체결상태 불량

- 수첨유 순환펌프 배관 내부에 잔류되어 있는 수첨유를 폐유탱크(Waste Oil Drum)로 이송하기 위하여 배관하부의 드레인배관에 임시배관을 끼워 철사로 고정하였으나, 배관연결 고정상태가 불량하여 질소로 가압 이송하는 과정에서 임시배관이 이탈되면서 고온의 수첨유가 누출됨.

○ 안전보호구 착용상태 미흡

- 고온물질 취급작업 시 안전보호구로 안전모, 안전장갑, 보안경, 내열앞치마를 착용한 상태에서 작업을 수행토록 하고 있으나, 내열앞치마를 착용하지 않아 고온의 물질이 누출되면서 다리에 접촉되어 화상재해를 입음

○ 작업자간의 소통 미흡

- 폐유탱크 이송밸브를 개방하지 않고 질소주입밸브를 개방하는 경우 임시배관 내부의 압력상승으로 호스가 이탈할 수 있어 밸브개방 절차에 따라 개방하여야 하나 질소주입밸브 개방 전 상호간의 의사소통이 미흡하여 밸브 개방상태를 최종적으로 확인하지 못한 것으로 판단 됨.

3 동종사고 예방대책

○ 임시배관 연결부 체결방법 개선

- 수첨유 순환펌프 배관 내부에 잔류되어 있는 수첨유를 폐유탱크(Waste Oil Drum)로 이송하기 위하여 임시배관을 연결하는 경우, 플랜지 체결 또는 나사호스형 체결방식으로 개선하여 견고한 체결상태에서 이송작업을 실시하여야 함.

○ 안전보호구 착용 철저

- 고온물질 취급작업 시 안전보호구로 안전모, 안전장갑, 보안경, 무릎아래까지 보호가능한 내열앞치마를 착용한 상태에서 고온물질 이송작업을 실시하여야 함.

○ 명확한 의사소통 필요

- 화학설비 등의 배관 내용물 이송작업 시 이송되는 배관의 개방상태를 작업자 상호간에 확인하고 질소주입밸브는 서서히 개방하면서 이송상태를 확인하여야 함.