

KOSHA GUIDE

P - 180 - 2023

폐합성수지 열분해 공정의 안전관리에 관한 기술지침

2023. 8.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙 등 산업안전보건법령의 요구사항을 이행하는데 참고하거나 사업장 안전·보건 수준향상에 필요한 기술적 권고 지침임

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 서 동 현 연구위원
- 제 · 개정 경과
 - 2023년 7월 화학안전분야 표준제정위원회 심의(제정)
- 관련규격 및 자료
 - 산업안전보건연구원, “폐플라스틱 열분해 유화 공정의 안전관리 방안”, 2022
 - KOSHA GUIDE P-69-2012, 화학공정 설비의 운전 및 작업에 관한 안전관리 기술지침
 - KOSHA GUIDE O-4-2011, 화학공장의 정비보수에 관한 안전관리지침
 - KOSHA GUIDE P-6-2021, 연소 소각법에 의한 휘발성 유기화합물(VOC) 처리설비의 기술지침
- 관련법규 · 규칙 · 고시 등
 - 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제2편, 제2장, 제4절(화학설비·압력용기 등)
- 안전보건기술지침의 적용 및 문의
 - 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지(www.kosha.or.kr)의 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
 - 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2023년 8월 24일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

목 차

1. 목적	1
2. 적용범위	1
3. 용어의 정의	1
4. 폐합성수지 열분해 주요 공정 및 유해·위험성	2
4.1 주요 열분해 공정	2
4.2 열분해 생성 물질의 유해·위험성	4
4.3 열분해 공정의 유해·위험성	5
5. 폐합성수지 열분해 공정의 안전관리	8
5.1 일반 사항	8
5.2 설치 시 고려사항	9
5.3 관리적 사항	9
5.4 공정별 안전관리	10
5.5 기타 안전관리	15
<부록> 폐합성수지 열분해 공정 흐름도(예)	16

폐합성수지 열분해 공정의 안전관리에 관한 기술지침

1. 목적

이 지침은 로터리 킬른 열분해 설비를 이용한 폐합성수지 열분해 공정의 화재·폭발, 화상, 질식, 중독 등과 관련된 위험요소를 파악하여 발생 가능한 사고를 예방하기 위해 필요한 사항을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 촉매를 사용하지 않는 로터리 킬른 열분해 설비를 이용하여 폐합성수지로부터 열분해유를 생산하는 공정에 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “폐합성수지”라 함은 제품으로서의 정상적인 유통단계를 거친 후 사용 목적을 다하고 배출된 합성수지를 말한다.

(나) “열분해 (Pyrolysis)”라 함은 폐합성수지를 무산소 또는 저산소에서 고온으로 가열하여 가스, 액체 오일, 탄화물(Char, cokes 등)로 변환시키는 화학적 분해반응이다.

(다) “열분해 반응기”라 함은 폐합성수지의 열분해가 발생하는 설비를 말한다.

(라) “가열기 (Heater)”라 함은 LPG, 등유, 열분해가스, 열분해유 등의 원료를 연소시켜 열분해 반응기를 가열하기 위한 설비를 말한다.

(마) “로터리 킬른 (Rotary kiln)식 열분해 반응기”라 함은 열분해 하기 위한 원료를 넣은 반응기를 회전시키면서 가열하여 폐합성수지를 열분해 하는 설비를 말한다.

- (바) “열분해가스”라 함은 열분해 반응기에서 폐합성수지가 열분해 되는 과정에서 발생하는 가스를 말한다.
- (사) “열분해유”라 함은 열분해 반응기에서 발생한 열분해가스를 응축시켜 생성된 오일 또는 그 오일을 증류 등의 후처리를 통해 얻은 오일을 말한다.
- (아) “열분해 잔재물”이라 함은 폐합성수지의 열분해가 완료된 후에 반응기에 남은 탄화물 (Char, cokes 등) 및 고체상의 물질을 말한다.
- (자) “왁스 (Wax)”라 함은 폐합성수지를 열분해하여 발생하는 물질 중 냉각되었을 때 페이스트(Paste)와 같은 상태인 물질을 말한다.
- (차) “소각설비”라 함은 폐합성수지의 열분해 과정에서 발생한 열분해가스 중 응축되지 않은 가스를 소각시키기 위한 설비를 말한다.
- (카) “열분해설비”라 함은 폐합성수지의 열분해를 통해 열분해유를 생산 및 저장하기 위해 필요한 설비 일체를 말한다.
- (2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정하는 바에 따른다.

4. 폐합성수지 열분해 주요 공정 및 유해·위험성

4.1 주요 열분해 공정

(1) 폐합성수지 투입

폐합성수지 보관장소에서 폐합성수지를 운반하여 로터리 킬른식 열분해 반응기에 투입한다.

(2) 열분해

가열기에서 발생한 열원을 이용하여 열분해 반응기를 회전시키면서 가열한다.

(3) 열분해가스 응축

열분해 설비에서 발생한 가스를 응축하여 열분해유를 생성한다.

(4) 비응축가스 분리

기액분리기를 이용하여 응축기에서 응축되지 않은 기체와 열분해유를 분리한다.

(5) 열분해유 후처리(증류 등)

증류기에서 열분해유를 끓는점에 따라 분류하여 인화점을 조절한다.

(6) 유수분리

비중차를 이용하여 열분해유에서 수분을 분리하고, 폐수는 폐수처리설비로 이송한다.

(7) 열분해유 저장

수분이 제거된 열분해유를 저장설비에 저장한다.

(8) 비응축가스 활용 및 소각

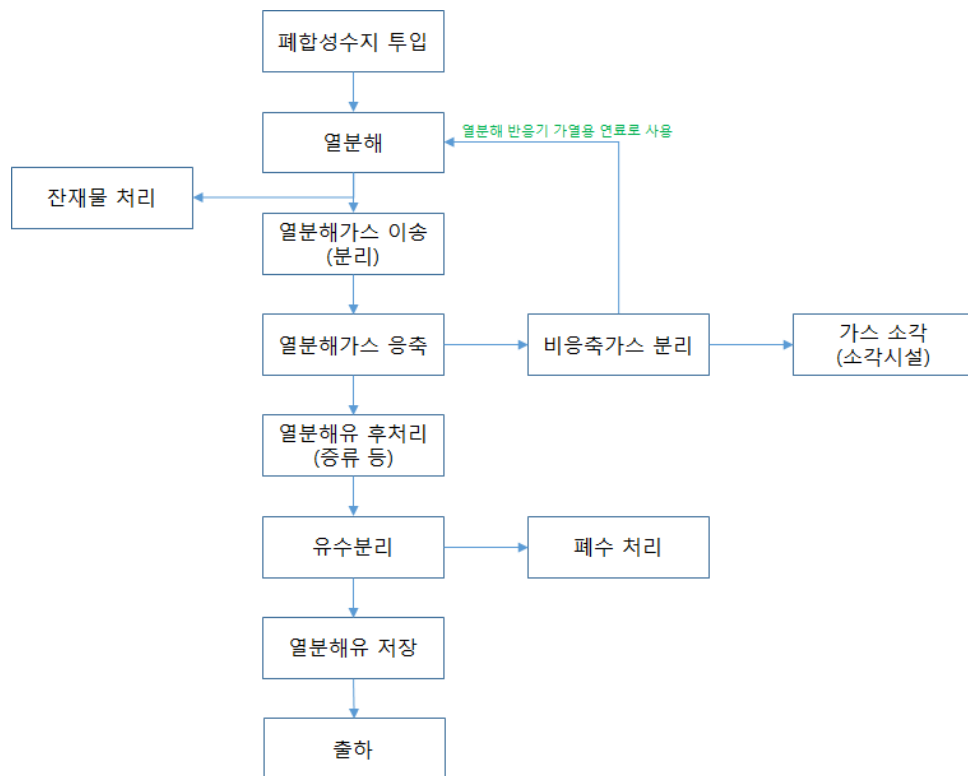
응축기에서 응축되지 않은 가스를 가열기로 보내 열원으로 활용하거나 소각 설비에서 소각한다.

(9) 잔재물 제거

열분해 반응기 내부에 남은 열분해 잔재물을 제거한다.

(10) 출하

저장설비에 저장되어 있는 열분해유를 탱크로리 등으로 이송한다.



<그림 1> 폐합성수지 열분해 주요 공정의 흐름도(예)

4.2 열분해 생성 물질의 유해·위험성

- (1) HDPE, LDPE, PP 및 PS의 열분해 과정에서 발생하는 열분해가스의 조성은 주로 메탄(CH_4), 에틸렌(C_2H_4) 및 부타디엔(C_4H_6)과 같은 탄화수소 가스이며, 미량의 프로판($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$), 프로펜($\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$), n-부탄($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$) 및 기타 탄화수소 함량이 높은 가스로 구성되어 있어 누출될 경우 화재·폭발 위험이 있다.
- (2) PC, PET, PVC의 열분해 시에는 탄화수소 가스의 형성과 함께 CO_2 , CO과 같은 가스를 생성하여 이들 가스가 누출될 경우 화재·폭발 또는 질식·중독 등의 위험이 있다. 특히, PVC 열분해 시에 발생하는 염화수소는 구조물, 배관, 밸브 등의 금속 부식 및 기타 환경적으로 영향을 미칠 수 있다.
- (3) 폐합성수지의 열분해 반응 완료 후 남은 고형 잔재물은 대부분 탄소 함유량이 높기 때문에 분진폭발 위험성이 있다.
- (4) 열분해된 탄화수소가 가열된 철이나 니켈이 함유된 반응기 내벽에 접촉해

수소가 분리되고 탄소입자가 반응기 내벽에 침착되면서 코크층이 형성되는 코킹현상이 발생하면 코크층의 두께가 두꺼워지면서 반응기 파열의 원인이 될 수 있다.

4.3. 열분해 공정의 유해·위험성

4.3.1 폐합성수지 투입

- (1) 지게차 또는 프론트로더를 이용하여 폐합성수지를 열분해 반응기에 투입하는 경우 주변 작업자와 충돌할 위험이 있다.
- (2) 열분해 반응기 내부에 잔류한 인화성 가스를 제거하지 않은 상태에서 열분해 반응기 투입구를 개방하는 경우 인화성 가스의 누출로 인한 화재·폭발 위험이 있다.
- (3) 투입 원료에 의도하지 않은 이물질이 포함되는 경우 이상 반응에 의한 과압 발생으로 인화성 물질이 누출되어 화재·폭발이 발생할 위험 또는 독성 물질 생성으로 인한 중독 및 환경오염의 위험이 있다.

4.3.2 가열기 점화 및 가열

- (1) 밸브 오조작 등으로 가열기 내부에 연료용 가스 또는 열분해가스가 체류된 상태에서 가열기를 점화하는 경우 폭발 또는 화재가 발생할 위험이 있다.
- (2) 열분해가스의 질적 또는 양적 변동에 의해 연소가 중단되어 불꽃이 꺼진 상태에서 열분해가스가 계속 공급되는 경우, 가열기 내부에 인화성 가스가 체류할 수 있으며 이때 불씨가 유입되면 폭발이 발생할 위험이 있다.
- (3) 가열기의 고온부에 신체 일부가 접촉하는 경우 화상 위험이 있다.

4.3.3 열분해

- (1) 열분해 반응기 작동 중 발생하는 열분해가스 및 증기 배출 배관의 회전 연결부 틈새, 원료 투입구 틈새 등에서 열분해가스 누출로 인한 화재·폭발 위험이 있다.

- (2) 열분해가스 및 증기 배출구와 배관 내부에 열분해 잔재물(cokes 등), 유기물, 이물질 등의 적층 또는 왁스의 응고로 배관이 막히거나 열분해가스 이송로가 좁아지는 경우 반응기 및 배관 등의 내부 압력 상승에 따른 폭발 위험 및 열분해가스 누출로 인한 화재·폭발 위험이 있다.
- (3) 열분해 반응 중 또는 열분해 종료 후 열분해 반응기 내부 온도가 높은 상태에서 열분해 반응기 내부로 공기(산소)가 유입되는 경우 반응기 내부의 열분해가스가 폭발할 위험이 있다.
- (4) 열분해가스 및 증기배출 밸브가 잠겨 있을 경우 열분해 반응기 내부 압력 상승에 따른 폭발 위험이 있다.
- (5) 열분해 반응기 내부 온도가 제어되지 않을 경우 과열에 따른 화재 또는 폭발 위험이 있다.
- (6) 압력계 도압관이 왁스, 열분해 잔재물, 이물질 등으로 막히는 경우 열분해 반응기 내부 압력 측정 실패로 인한 폭발 위험이 있다.
- (7) 열분해 반응기가 지속적으로 고온에 노출됨에 따라 용접부, 볼트 연결부 등 취약부분의 열화, 열변형, 기계적 강도 감소 등에 따른 위험이 발생할 수 있다.
- (8) 볼트 등의 부품을 임의로 제작 또는 교체할 경우 강도 미달로 인한 열분해가스 누출 및 폭발 위험이 있다.
- (9) 열분해 반응기 및 주변 설비의 고온부에 작업자의 신체 일부가 접촉하는 경우 화상 위험이 있다.

4.3.4 열분해유 저장 및 출하

- (1) 열분해유 저장설비에서 열분해유가 누출되는 경우 작업장 전체로 열분해유가 확산되어 화재가 발생할 위험이 있다.
- (2) 외부 화재 발생 시 저장탱크의 통기밸브 등으로 화염이 전파될 위험이 있다.
- (3) 탱크로리 연결 및 열분해유 이송 시 정전기로 인한 화재·폭발 위험이 있다.

4.3.5 가스 소각

- (1) 밸브 오조작 등으로 소각설비 내부에 보조연료로 사용하는 가스 또는 열분해가스가 체류한 상태에서 가스 소각설비를 점화하는 경우 폭발 또는 화재가 발생할 위험이 있다.
- (2) 열분해가스의 질적 또는 양적 변동에 의해 연소가 중단되어 불꽃이 꺼진 상태에서 열분해가스가 계속 공급되는 경우, 소각설비 내부에 인화성 가스가 체류한 상태가 되며, 이때 불씨가 유입되면 폭발이 발생할 위험이 있다.
- (3) 소각설비에 있는 소각용 열분해가스 배출 밸브가 닫힌 상태, 화염방지기에 막힘이 발생한 상태 등에서 열분해를 진행하는 경우 열분해가스가 역류하여 열분해 공정 압력이 증가하거나 가스가 누출되어 화재·폭발이 발생할 위험이 있다.
- (4) 설비 작동 오류 등의 이상 원인으로 소각용 열분해가스가 역류하는 경우 열분해가스의 역화에 의한 폭발 또는 화재가 발생할 위험이 있다.
- (5) 소각설비로 액상(미스트 등)의 가연성 물질이 유입되는 경우 이상 연소에 의한 폭발 또는 화재가 발생할 위험이 있다.
- (6) 소각설비의 고온부에 작업자의 신체 일부가 접촉하는 경우 화상 위험이 있다.

4.3.6 잔재물 제거

- (1) 열분해 반응기가 충분히 냉각되지 않은 상태에서 폐합성수지 투입구를 개방하는 경우 투입구를 통한 산소(공기) 공급으로 인해 내부 인화성 가스가 폭발하거나 화재가 발생할 위험이 있다.
- (2) 열분해 반응기 내부의 인화성 가스를 충분히 배출하지 않고 투입구를 개방하는 경우 잔존해 있는 열분해가스로 인한 화재·폭발 위험이 있다.
- (3) 열분해 반응기 내부의 잔재물 또는 이물질 제거를 위해 사용하는 공구나 기기에 의해 불꽃이 발생할 경우 잔존해 있는 열분해가스 또는 인화성물질에 화재가 발생할 위험이 있다.

- (4) 열분해 반응기 내부에 코크스 등의 잔재물 분진이 부유된 상태에서 작업하는 경우 분진폭발 위험이 있다.
- (5) 열분해 반응기 내부를 충분히 환기시키지 않은 상태에서 작업하는 경우 열분해가스에 포함된 일산화탄소에 의해 중독될 위험이 있다.
- (6) 열분해 반응기 및 주변 설비의 고온부에 작업자의 신체 일부가 접촉하는 경우 화상 위험이 있다.
- (7) 열분해 반응기의 잔재물 제거 시 분진입자가 작업자의 폐에 축적되어 건강에 영향을 미칠 수 있다.

4.3.7 열분해 잔재물 저장 (저장 설비)

- (1) 열분해 잔재물 저장설비에 탄화물을 장시간 저장할 경우 자기발열에 의해 발화하여 화재가 발생할 수 있다.
- (2) 열분해 잔재물 분진이 부유될 경우 분진폭발 위험이 있다.

5. 폐합성수지 열분해 공정의 안전관리

5.1 일반 사항

- (1) 열분해 반응기 회전용 체인이나 하부 롤러 및 스크류 등 작업자가 점검 및 정비 등의 작업 시 끼임(협착) 위험이 있는 경우에는 반드시 운전을 정지한 후 작업을 실시하여야 한다.
- (2) 설비 가동 중 작업이 불가피한 경우는 작업자가 위험 부분에 직접 접촉하지 않도록 작업자가 위험에 처할 우려가 있는 부위에 덮개·울·슬리브 및 건널다리 등을 설치하여야 한다.
- (3) 배관 등 고소작업이 실시되는 설비에는 작업발판이나 안전난간을 설치하고, 작업발판이나 안전난간의 설치가 곤란한 경우에는, 안전대 부착설비를 설치하고 작업자에게 안전대를 착용하게 하는 등의 안전조치를 하여야 한다.

- (4) 환기나 배기가 원활하지 않아 작업자가 유해물질에 노출될 우려가 있는 경우에는 반드시 방독마스크나 송기마스크 등의 적절한 호흡용 보호구와 눈과 피부 보호용 보호구 등 적절한 보호구를 착용하도록 하여야 한다.

5.2 설치 시 고려사항

- (1) 전체 시스템의 정상적인 작동 압력 및 온도가 보장되도록 하며, 압력 및 온도를 지속적으로 관찰하고 제어할 수 있는 시스템을 구비하여야 한다.
- (2) 가스 역류방지장치를 설치하여 열분해가스가 역류하는 것을 방지한다.
- (3) 인화성 가스의 누출 가능성이 있는 지역에 가스 검지기 및 경보장치를 설치하여야 한다.
- (4) 가열기, 열분해 반응기, 소각로 등 인화성 가스의 누출로 인한 폭발 위험성이 큰 설비에 대해서는 KS C IEC 60079-10-1(폭발위험 장소의 구분) 기준에 따라 가스 누출 가능지역을 폭발위험장소로 설정하고, 전기설비를 해당 가스에 대해 방폭성능을 가진 구조로 하여야 한다.
- (5) 유해가스나 분진 등의 유해물질을 취급하고 있는 공정 및 설비는 유해물질의 가스·증기 또는 분진의 발산원을 밀폐하는 설비 또는 국소배기장치를 설치하여야 한다.
- (6) 화재감지시스템, 자동소화장치, 소화기를 설치하고, 정상 작동여부를 확인한다.
- (7) 전체 생산공정이 완전히 밀봉되고 가스 누출이 없는지 확인하기 위해 설비가동 전 기밀테스트를 수행하여야 한다.
- (8) 열분해유 등의 위험물을 저장·취급하는 설비는 폭발이나 화재에 따른 피해를 줄일 수 있도록 산업안전보건법, 위험물안전관리법 등에서 정하는 안전거리 또는 보유공지를 고려하여 설치하여야 한다.

5.3 관리적 사항

- (1) 건설물, 기계·기구·설비, 원재료, 가스, 증기, 분진, 근로자의 작업 행동 또는 그 밖의 업무로 인한 유해·위험요인을 찾아내어 부상 및 질병으로 이어질

수 있는 위험성의 크기가 허용 가능한 범위인지를 평가하고, 그 결과에 따라 필요한 조치를 하여야 한다.

- (2) 작업절차 및 방법이 상세하게 기술된 작업절차서를 작성하여 작업자에게 숙지시키고, 그에 따라 작업하도록 하여야 한다.
- (3) 작업 시작 전에 작업자에게 작업절차서에 따른 작업절차 및 방법, 비상상황 발생 시 조치사항 등을 충분히 교육시키고 작업을 수행하도록 하여야 한다.
- (4) 작업자는 장비작동절차를 엄격히 준수하고 작동 기록을 작성하여야 한다. 그리고 장비의 작동 상태를 주의 깊게 모니터링하고, 이상이 발견되면 긴급 조치를 하고 관리자에게 보고해야 한다.
- (5) 열분해 잔재물, 왁스, 이물질 등에 의해 열분해 설비 및 배관 등의 부속설비가 막히지 않도록 일정 주기를 정해서 청소하여야 한다.
- (6) 열분해설비에 대한 정비·보수작업은 반응기, 배관, 탱크, 열교환기 등 설비 내부의 인화성 물질을 완전히 제거한 후 수행하여야 한다.

5.4 공정별 안전관리

5.4.1 폐합성수지 투입

- (1) 작업장의 통로 구분 등을 통해 안전통로를 확보하여야 한다.
- (2) 지게차 운전자가 시야를 확보할 수 있도록 과적을 금지하여야 한다.
- (3) 지게차에 경보장치를 설치하여야 한다.
- (4) 지게차가 급선회를 하지 않도록 한다.
- (5) 지게차를 제한된 속도로 운전하여야 한다.
- (6) 열분해 반응기의 투입구 개방 전 내부의 인화성 가스를 제거하여야 한다.

- (7) 원료 투입 전 이상반응 또는 독성물질을 생성할 수 있는 이물질의 포함 여부를 확인하고, 발견 시 이물질 제거 등의 조치를 하여야 한다.

5.4.2 가열기 점화 및 가열

- (1) 가열기(장치)는 불연성 재료를 사용하고, 최대운전 온도에서의 열팽창에 의한 응력을 충분히 견딜 수 있도록 설계·제작되어야 한다.
- (2) 화염검지기를 설치하여 화염의 유무를 검출하고, 연료를 연소시키는데 필요한 화염이 감지되지 않을 경우 가스 공급을 자동으로 차단하는 장치를 설치하여야 한다.
- (3) 화염검지기 검출부 오손, 소손 등의 유무 및 검출기능을 주기적으로 점검하여야 한다.
- (4) 열분해 반응기 내의 온도 이상 상승, 전기 공급 중단, 화염검지기 미작동 등 이상상황 발생 시 자동으로 보조연료의 공급을 차단할 수 있는 긴급차단밸브를 설치하여야 한다. 긴급차단밸브는 가능한 버너와 가까운 곳에 설치하여야 한다.
- (5) 가열기 내부의 온도가 국부적으로 상승하지 아니하는 구조로 설치한다.
- (6) 가열기에는 각 버너 마다 연료의 연소상태를 확인할 수 있도록 관찰구 등을 설치하여야 한다.
- (7) 가열기의 감시창 및 배기구 등과 같은 개구부는 발화 시에 불이 다른 곳으로 번지지 아니하는 위치에 설치하고 필요한 경우에는 즉시 밀폐할 수 있는 구조로 하여야 한다.
- (8) 가스를 열고 가열기를 점화하기 전에 축적된 잔류 가스를 제거하기 위해 연소실 등 가열기 내부를 충분히 환기시켜야 한다.
- (9) 점화에 실패한 경우 연료 공급을 차단하고, 환기 후 다시 점화하여야 한다.
- (10) 정기적으로 연료차단밸브의 기능, 누설 및 이물질 유무를 점검하고 청소하여야 한다.

(11) 가열기 버너를 주기적으로 청소하여야 한다.

5.4.3 열분해

- (1) 로터리 킬른식 열분해 반응기의 재질은 열과 압력에 견딜 수 있는 것으로 선정하여야 한다.
- (2) 열분해 반응기 및 부품은 최대운전 온도에서의 열팽창에 의한 응력을 충분히 견딜 수 있도록 설계·제작되어야 한다.
- (3) 열분해가스 이송배관은 청소 및 점검하기 쉬운 구조로 설계하여야 한다.
- (4) 열분해 반응기 내부의 온도를 측정할 수 있는 장치를 설치하고 지속적으로 모니터링 하여야 한다.
- (5) 열분해 반응기 내부의 압력을 수시로 측정할 수 있는 장치와 열분해 과정에서 비이상적인 급격한 압력 상승을 해소할 수 있는 안전밸브 또는 파열판을 설치하고, 안전밸브로 가스 배출 시 배관 등을 통해 안전한 지역으로 방출되도록 하여야 한다.
- (6) 열분해 반응기 내부로의 산소 유입 등 비상상황 발생 시 열원 긴급 차단 및 설비의 비상정지가 가능하도록 하여야 한다.
- (7) 열분해 반응기의 투입구 및 배기구 등과 같은 개구부는 발화 시에 불이 다른 곳으로 번지지 아니하는 위치에 설치하고 필요한 경우에는 즉시 밀폐할 수 있는 구조로 하여야 한다.
- (8) 가급적 연속식 압력 측정기를 설치하고, 직독식 압력게이지를 설치한 경우 주기적으로 도압관을 청소하여야 한다.
- (9) 열분해 반응기의 경우 열분해가스의 누설 및 반응기 내부로의 공기 유입 차단이 매우 중요하며, 열분해 반응기 회전부 밀봉부분의 기밀상태를 주기적으로 점검하여야 한다.
- (10) 열분해 반응기 내부에서 생성된 열분해가스가 지속적으로 배출되도록 하여야 한다.

- (11) 폐합성수지 투입구 및 배관 연결부 등에 틈새가 발생하지 않도록 관리하고, 내열성 가스킷 설치 등 열분해가스 누출 방지를 위해 밀폐상태를 유지하여야 한다.
- (12) 열분해 반응기의 내압이 정상적으로 운전되는 압력일지라도 점검구 등의 기밀성을 유지하여야 한다.

5.4.4 열분해유 저장 및 출하

- (1) 열분해유를 저장·취급하는 대기압 탱크에는 통기관 또는 통기밸브 등의 통기설비를 설치하여야 하며, 열분해유의 인화점이 60℃ 이하인 경우 통기관에 화염방지기를 설치하여 설비 외부에서 발생한 화염이 설비 내부로 전파되지 않도록 하여야 한다. 통기설비 및 화염방지기의 설치에 관한 세부사항은 KOSHA GUIDE “통기설비 설치에 관한 기술지침”과 “화염방지기 설치 등에 관한 기술지침”에 따른다.
- (2) 저장설비 설치지역이 가스폭발위험장소로 구분되는 경우 지지대는 내화구조로 설치하여야 한다. 내화구조에 관한 세부사항은 KOSHA GUIDE “내화구조에 관한 기술지침”에 따른다.
- (3) 열분해유 저장탱크 주위에 열분해유 누출 시 확산 방지를 위해 방유제를 설치하여야 한다.
- (4) 저장설비 및 저장설비에서 탱크로리 등으로 주입하는 설비에 저장설비와 탱크로리의 등전위 유지를 위한 접지설비를 설치하여야 한다.
- (5) 작업자는 제전복을 착용하고 정전기 제거 후 작업하도록 하여야 한다.

5.4.5 가스 소각

- (1) 열분해가스를 태우는데 필요한 화염이 감지되지 않을 경우 가스 공급을 자동으로 차단하는 장치를 설치하여야 한다.
- (2) 연소장치의 이상 연소 방지를 위하여 항상 불꽃이 꺼지지 않도록 파일릿 버너를 설치하여야 하고, 자동 점화 설비를 설치하여야 한다.

- (3) 가스소각로의 이상 연소 발생으로 압력 상승 시 대기 중으로 압력을 방출하기 위한 폭연 방출구를 설치하여야 하며, 폭연 방출구는 근로자 안전에 영향을 주지 않는 장소로 방출하여야 한다. 다만, 직화식 열소각로는 폭발 방산구를 설치하지 아니할 수 있다. 폭연 방출구 설치에 관한 세부사항은 KOSHA GUIDE “가스폭발 예방을 위한 폭연 방출구 설치에 관한 지침”에 따른다.
- (4) 열분해가스 화염의 역화를 방지하기 위한 화염방지기를 설치하여야 한다.
- (5) 보조연료로 기체 또는 액체연료를 사용하는 경우 연소용 공기 공급팬 또는 배기팬이 작동하지 않으면 보조연료가 공급되지 않도록 연동되어야 한다.
- (6) 인화성 가스농도의 관리를 위한 환기설비를 설치하여야 한다.
- (7) 녹아웃드럼(Knock-out drum)을 설치하여 응축물을 제거하는 등 액상의 인화성 물질이 소각설비로 유입되지 않도록 하여야 한다.
- (8) 가스 연소장치를 점화하기 전에 축적된 잔류 가스를 제거할 수 있도록 연소실 등 가스소각설비 내부를 충분히 환기시켜야 한다.

5.4.6 잔재물 제거

- (1) 반응기가 충분히 냉각된 상태에서 잔재물 제거작업을 수행하도록 한다.
- (2) 잔재물 제거작업을 위해 투입구를 개방하기 전에 작업자가 열분해 반응기 내부에 축적된 잔류 가스를 제거할 수 있도록 자동 배기 및 질소 등을 이용한 퍼지 시스템을 설치하고 이를 이용하여 열분해 반응기 내부의 인화성 가스를 제거한 후 작업을 시작하도록 하여야 한다. 퍼지에 관한 세부사항은 KOSHA GUIDE “불활성가스 치환에 관한 기술지침”에 따른다.
- (3) 잔재물 제거는 가급적 작업자가 열분해 반응기 내부에 출입하지 않는 방법으로 수행하도록 한다.
- (4) 물을 살수하는 등 열분해 잔재물이 부유되지 않도록 한다.
- (5) 작업자가 열분해 반응기 내부에 진입하는 경우에는 반응기 온도, 잔류가스

제거 여부, 일산화탄소 및 이산화탄소 농도 등을 확인하여 안전한 온도 및 농도임을 확인한 후 진입한다. 반응기 내부 진입에 관한 세부사항은 KOSHA GUIDE “밀폐공간 위험관리에 관한 기술지침”에 따른다.

- (6) 잔재물 제거작업 시 작업자는 적절한 보호구를 착용하도록 하여야 한다.
- (7) 열분해 반응기 내부에서 작업을 수행하는 경우 불꽃 등의 점화원이 발생하지 않도록 방폭공구를 사용하고, 휴대용 연삭기 등의 화기 사용을 금지하여야 한다.

5.4.7 열분해 잔재물 저장

- (1) 열분해 잔재물의 자연발화에 의한 화재위험을 방지하기 위하여 잔재물 저장설비 내 온도상승을 감지하기 위한 온도측정 장치를 설치하여야 한다.
- (2) 저장설비의 온도 상승 시 화재발생을 방지하기 위해 필요한 설비를 설치하여야 한다.

5.5 기타 안전관리

- (1) 열분해설비의 정비 시에는 KOSHA GUIDE “화학공장의 정비보수에 관한 안전관리지침”을 참조하여 작업한다.
- (2) 계기류 고장에 의한 폭발 예방은 KOSHA GUIDE “화학공정 설비의 운전 및 작업에 관한 안전관리 기술지침”에 따른다.
- (3) 열분해가스의 소각 관련 추가 사항은 KOSHA GUIDE “연소 소각법에 의한 휘발성 유기화합물(VOC) 처리설비의 기술지침”의 4에서 규정하는 소각설비의 안전·방호조치를 참조하도록 한다.
- (4) 열분해유의 품질 향상을 위하여 증류탑과 보일러를 추가로 설치하여 운영하는 경우 산업안전보건기준에 관한 규칙의 보일러 관련 규정에 따라 운영한다.

<부록>

폐합성수지 열분해 공정 흐름도(예)

