KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

# KOSHA GUIDE
# 기술지원규정

# PVC 제조공정의 화재폭발 위험성평가 및 비상조치에 관한 기술지원규정
# C-C-22-2026

한국산업안전보건공단

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

기술지원규정의 개요

○ 개정자 : 한국산업안전보건공단 전문기술실

○ 제·개정경과

- 2009년 11월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
- 2025년 11월 산업안전·보건 표준제정위원회 화학안전분야 전문위원회 심의
- 2026년 1월 표준제정위원회 본위원회 심의(개정)

○ 관련규격 및 자료

- 공정안전보고서 및 심사사례
- 국내 PVC 제조공장 매뉴얼

○ 관련 법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건법 제38조(안전조치)
- 산업안전보건기준에관한규칙 제225조(위험물질의 제조 등 작업시의 조치)

○ 기술지원규정의 적용 및 문의

- 이 기술지원규정에 대한 의견 또는 문의는 산업안전포털 홈페이지(portal.kosha.or.kr)의 기술지원규정(KOSHA GUIDE) 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 규정 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2026년 1월 30일
제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

# 목 차


1. 목적 ····· 1

2. 적용범위 ····· 1

3. 용여의 정의 ····· 1

4. 위험물질 제조 및 취급 관련 법적 필수사항 ····· 2

4.1 위험물질 등의 제조 등 작업 시의 조치 ····· 2

5. PVC 제조공정의 특성 및 위험요인 ····· 3

5.1 현탁중합방법 ····· 3

5.1.1 공정흐름도 ····· 3

5.1.2 R-VCM의 응축·저장공정 ····· 4

5.1.3 용액(Solution)의 준비공정 ····· 4

5.1.4 회분식 중합반응공정 ····· 5

5.1.5 슬러리의 탈기 및 폐수의 탈기공정 ····· 5

5.1.6 미반응 VCM의 회수(Recovery)공정 ····· 5

5.1.7 원심분리 및 건조공정 ····· 6

5.1.8 제품 이송(Pneumatic conveying) 및 저장공정 ····· 6

5.2 기타 중합방법의 공정 개요 및 흐름도 ····· 7

5.2.1 유화중합방법 ····· 7

5.2.2 괴상중합방법 ····· 7

6. 위험성평가에 포함될 사항 ····· 8

6.1 위험성평가 시 일반적 고려사항 ····· 8

6.2 공정(Process area) 위험성평가 ····· 8

7. 비상조치 절차 ····· 9

7.1 비상전원 ····· 9

7.2 긴급 반응종결제(Shortstop)의 주입 ····· 10

7.3 기타 ····· 10

<부록> PVC 제조공정의 사고사례 ····· 11

# PVC 제조공정에서 화재폭발 위험성평가 및 비상조치에 관한 기술지원규정

## 1. 목 적

이 규정은 화학 및 석유화학 산업의 PVC(Poly vinyl chloride) 제조공정에서 인화성 물질 사용·취급 시 예상되는 위험요인을 파악하고 피해를 최소화하기 위하여 필요한 비상조치 기술기준을 정하는데 그 목적이 있다.

## 2. 적용범위

이 규정은 화학 및 석유화학 산업의 PVC 생산을 위한 인화성 물질 저장·취급설비 및 반응을 위한 관련설비의 안전운전에 적용할 수 있다.

## 3. 용어의 정의

(1) 이 기술지원규정에서 사용되는 용어의 뜻은 다음과 같다.

(가) “현탁중합(Suspension polymerization)”이란 물에 VCM(Vinyl chloride monomer)을 분산한 상태에서 중합하는 반응을 말하며, 입자크기는 120 ~ 180 ㎛ 정도가 일반적이다.

(나) “유화중합(Emulsion polymerization)”이란 물에 VCM을 유화시킨 상태에서 중합하는 반응을 말하며, 입자크기는 1 ~ 10 ㎛ 정도가 일반적이다.

(다) “괴상중합(Bulk polymerization)”이란 물과 분산제(유화제)를 사용하지 않고 VCM과 반응개시제를 직접 반응시키는 방법을 말한다.

(2) 그 밖에 이 기술지원규정에서 사용하는 용어의 뜻은 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 「산업안전보건법」, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 「산업안전보건기준에관한규칙」에서 정하는 바에 의한다.

# 4. 위험물질 제조 및 취급 관련 법적 필수사항

다음은 산업안전보건법령에 관한 사항으로써 반드시 준수하여야 한다.

## 4.1 위험물질 등의 제조 등 작업 시의 조치

사업주는 산업안전보건법 제38조(안전조치) 및 산업안전보건기준에 관한 규칙 제225조(위험물질 등의 제조 등 작업 시의 조치)에 따라 위험물질을 제조하거나 취급하는 경우 폭발·화재 및 누출을 방지하기 위한 적절한 방호조치를 하여야 한다.

**산업안전보건법 제38조(안전조치)**

① 사업주는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 위험으로 인한 산업재해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.

1. 기계·기구, 그 밖의 설비에 의한 위험
2. 폭발성, 발화성 및 인화성 물질 등에 의한 위험
3. 전기, 열, 그 밖의 에너지에 의한 위험

**산업안전보건기준에 관한 규칙 제225조(위험물질 등의 제조 등 작업 시의 조치)**

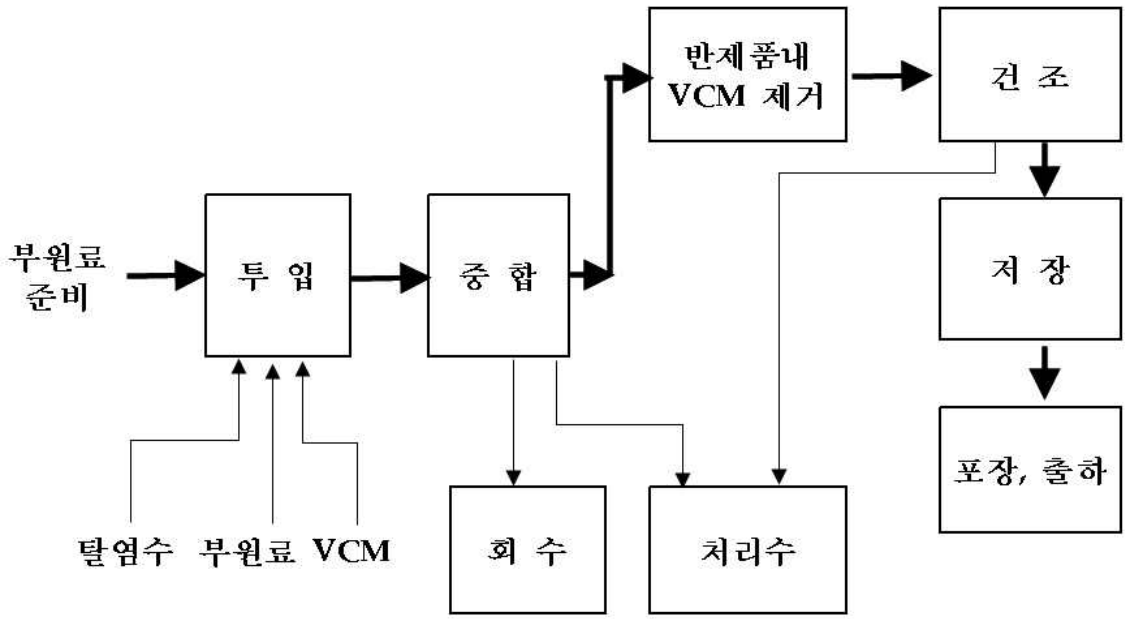
사업주는 별표 1의 위험물질(이하 “위험물”이라 한다)을 제조하거나 취급하는 경우에 폭발·화재 및 누출을 방지하기 위한 적절한 방호조치를 하지 아니하고 다음 각 호의 행위를 해서는 아니 된다.

1. 폭발성 물질, 유기과산화물을 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근시키거나 가열하거나 마찰시키거나 충격을 가하는 행위
2. 물반응성 물질, 인화성 고체를 각각 그 특성에 따라 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근시키거나 발화를 촉진하는 물질 또는 물에 접촉시키거나 가열하거나 마찰시키거나 충격을 가하는 행위
3. 산화성 액체·산화성 고체를 분해가 촉진될 우려가 있는 물질에 접촉시키거나 가열하거나 마찰시키거나 충격을 가하는 행위
4. 인화성 액체를 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근시키거나 주입 또는 가열하거나 증발시키는 행위
5. 인화성 가스를 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근시키거나 압축·가열 또는 주입하는 행위
6. 부식성 물질 또는 급성 독성물질을 누출시키는 등으로 인체에 접촉시키는 행위
7. 위험물을 제조하거나 취급하는 설비가 있는 장소에 인화성 가스 또는 산화성 액체 및 산화성 고체를 방치하는 행위

# 5. PVC 제조공정의 특성 및 위험요인

## 5.1 현탁중합방법

### 5.1.1 공정흐름도




<그림 1> 현탁중합방법의 공정흐름도

(1) 현탁중합방법은 다른 중합방법에 비해 대량 생산의 장점을 가지고 있는데, 주요 단위공정은 다음과 같다.

(가) VCM 저장 및 R-VCM(Recovered VCM)의 응축·저장공정

(나) 용액(Solution) 준비공정

(다) 중합반응공정(회분식)

(라) 슬러리의 탈기(Stripping) 및 폐수의 탈기공정

(마) 미반응 VCM의 회수(Recovery)공정

(바) 원심분리 및 건조공정

(사) 제품 이송 및 저장공정

5.1.2 R-VCM의 응축·저장공정

(1) VCM저장탱크로부터 일일탱크로 VCM을 이송하여 사용하거나 미반응 VCM을 응축하여 회수한 R-VCM을 탱크에 보관한 후 사용한다.

(2) 유해위험요인으로는 독성가스의 누출위험 및 VCM탱크의 화재·폭발위험이 있을 수 있다.

5.1.3 용액(Solution)의 준비공정

(1) 반응기로 주입되는 부원료인 코팅제, 분산제 및 반응개시제 등을 준비하고 주입하는 공정으로 일반적인 공급순서와 각 단계별 목적은 다음과 같다.

(가) 코팅(Coating)액 분무 : 반응기 내벽의 스케일 방지

(나) 완충(Buffer)액 공급 : 콜로이드가 안정화되도록 슬러리의 산도(Acidity)를 중성으로 조절

(다) 탈염수(De-mineralized water) 공급 : 반응온도 제어

(라) R-VCM 공급

(마) 순수 VCM 공급

(바) 분산제(Emulsifier) 공급 : PVC 입자의 크기 조절

(사) 반응 개시제(Initiator) 공급 : 반응속도 조절, PVC 제조공정에서 사용하는 반응개시제는 다양한 유기과산화물(Organic peroxide)이 사용된다.

(아) 탈염수 및 VCM 공급 중단

(자) 산화방지제(A/O) 공급(반응종결단계) : 수지색깔을 희게 하기 위하여 산화방지제를 사용하며, 반응억제제(Holding)는 반응종결단계 직전 및 비정상일 때 투입, 반응종결제(Shortstop)는 반응개시제의 기능을 상실시켜 반응을 종결시킨다.

(2) 주요유해위험요인은 다음과 같다.

(가) 분산제의 비산에 의한 분진폭발

(나) 분산제의 용매(메탄올) 누출 증기에 의한 화재·폭발

(다) 반응 개시제(유기과산화물)의 저장온도 제어 실패로 반응개시제의 자연 분해에 의한 폭발

5.1.4 회분식 중합반응공정

(1) PVC수지의 원료인 VCM, 분산제인 탈염수, 반응개시제 및 첨가제를 반응기에 투입하여 일정 온도와 일정 압력(50~70 ℃, 0.9~1.2 MPa)으로 교반하면서 약 4~8시간 중합하여 반응전환율 80 %이상에서 반응을 종결하는 공정이다.

(2) 주요유해위험요인은 다음과 같다.

(가) 폭주반응, 유틸리티 실패 등으로 인한 반응기 폭발 위험

(나) 수동밸브(Manual valve) 오동작에 의한 VCM 누출 위험

(다) 압력방출장치 작동으로 VCM의 대기 방출

5.1.5 슬러리의 탈기 및 폐수의 탈기공정

(1) 슬러리의 탈기공정은 반응 종료 후 미반응 VCM을 회수하는 공정으로 PVC에 녹아 있는 VCM을 회수하기 위하여 혼합물인 슬러리를 운전온도(60 ~ 80 ℃)에서 슬러리 탈기탑(Slurry stripping column)의 상부로 공급하는 공정이다.

(2) 슬러리의 탈거 공정에서의 주요유해위험요인은 다음과 같다.

(가) 탑 주위 밸브 조작 시 고온의 내부 액체 주의

(나) 동절기, 탑 내의 액체를 하수구로 배출시킬 때 과량의 수증기 발생 : 탑 주위에 얼음판이 형성되지 않도록 주의

(3) 폐수의 탈기공정은 폐수에 포함된 VCM을 폐수 탈기탑(Waste water stripping column)에서 회수하는 공정으로 폐수 내 VCM을 10 ppm 이하로 유지하여야 한다.

(4) 폐수분리공정은 비점에 가까운 고온수를 취급하므로, 모든 설비가 보온되어야 한다.

5.1.6 미반응 VCM의 회수(Recovery) 공정

(1) 미반응 VCM은 블로우다운(Blow-down)탱크와 탑(Column)을 통해 회수되는데, 탈거 공정에서 회수된 미반응 VCM을 압축하여 VCM 저장지역으로 이송하는 공정이다.

(2) VCM 회수방법은 회분식(Batch) 회수, 블로우다운(Blow-down) 회수, 연속 회수방법을 적용할 수 있다.

(3) 주요유해위험요인은 다음과 같다.

(가) 미반응 VCM의 누출 위험

(나) 중압 스팀(MP Steam) 접촉에 의한 작업자 화상(열상)위험

5.1.7 원심분리 및 건조공정

(1) 슬러리를 원심분리기로 탈수하여 약 70%의 물을 제거한 후 유동층 건조기 내에서 뜨거운 공기와 접촉시켜 건조물을 부유 유동시키면서 잔여 수분을 제거하는 공정이다.

(2) 건조된 PVC 수지는 분리망(Screen)을 통과시켜 크기가 큰 것을 분리한다.

(3) 건조된 제품(PVC 분말)은 공기 이송방식으로 사일로 저장조에 이송한다.

(4) 주요유해위험요인은 다음과 같다.

(가) 건조기 온도제어 실패 시 화재위험

(나) 뜨거운 공기와의 접촉으로 작업자 화상(열상) 위험

(다) 원심분리기의 정전기 축적에 의한 스파크 발생위험

5.1.8 제품 이송(Pneumatic conveying) 및 저장공정

(1) 건조공정에서 이송된 PVC 분말을 사일로에 저장하여 포장 출하하는 공정이다.

(2) 주요유해위험요인은 다음과 같다.

(가) 송풍기의 온도가 높을 경우 PVC분말의 변성 유발, 정전기 발생 증가로 이송배관 막힘

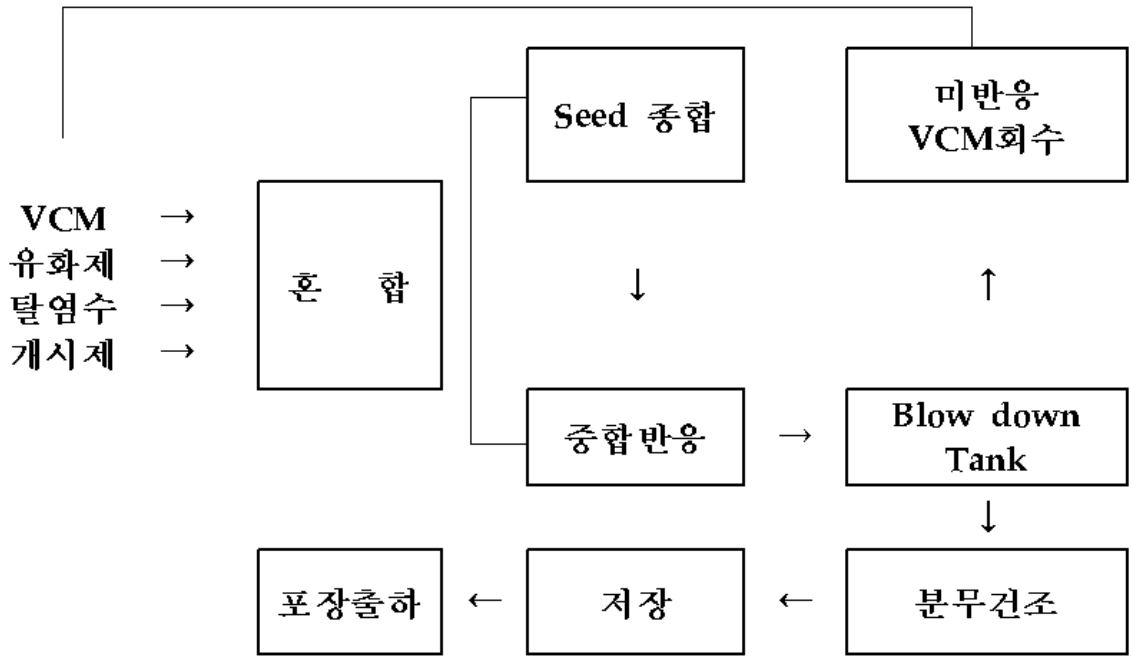
(나) 입경이 0.1 ~ 10 ㎛에 해당하는 PVC 유화중합의 경우, 정전기 축적에 의한 분진 폭발 위험

(다) 백필터(Bag filter) 청소과정 중 화재위험

## 5.2 기타 중합방법의 공정 개요 및 흐름도

### 5.2.1 유화중합방법

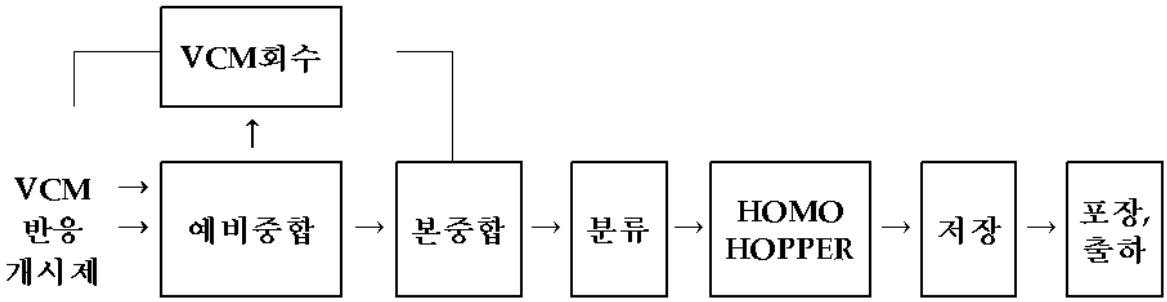
유화중합방법은 VCM을 탈염수 중에 유화 분리한 후 수용성 반응개시제를 사용하여 1 ~ 10 ㎛ 입경의 폴리머 라텍스를 얻는다. 이 라텍스를 직접 분무 건조하여 제품을 생산한다.




<그림 2> 유화중합방법의 공정흐름도

### 5.2.2 괴상중합방법

괴상중합방법은 단량체인 VCM에 가용성 반응개시제를 가해 라디칼(Radical) 중합을 적정한 반응율로 실시하고, 미반응 VCM을 회수한 다음 분쇄, 분급하여 제품화한다. 분산제나 유화제를 사용하지 않는다.




<그림 3> 괴상중합방법의 공정흐름도

## 6. 위험성평가에 포함될 사항

6.1 위험성평가 시 일반적 고려사항

(1) 역류의 위험이 있는 구간은 반드시 검토하여 체크밸브의 설치를 고려하여야 한다.

(2) 동파 및 점도로 인한 위험이 있는 구간은 반드시 검토하여 스팀을 이용한 보온설비(Steam tracing) 혹은 전기를 이용한 보온설비(Electrical tracing)를 설치하여야 한다.

(3) 위험이 가장 높은 구간은 피해의 크기 및 범위를 산정하여야 한다.

(4) 정량적 위험성평가 결과를 바탕으로 가상시나리오를 작성하고 이를 토대로 정기적으로 교육・훈련하여야 한다.

(5) VCM 누출이 가능한 구간에는 가스누출감지경보기가 설치되어 있는지 확인하여야 하고 외부 화재가 가능한 구간에는 내화시설을 확인하여야 한다.

6.2 공정(Process area) 위험성평가

(1) 용액의 준비공정에 대한 위험성평가 시 다음을 고려하여야 한다.

(가) 반응개시제 및 첨가제의 물질 상호간의 혼촉 위험성 확인

(나) 부원료 조제공정의 인적오류 예방을 위한 이중확인시스템의 확보

(다) 반응개시제 저장・투입 시 인적오류 예방을 위한 위험성 평가

(2) 반응공정에 대한 위험성평가 시 다음을 고려하여야 한다.

(가) 중합반응 시 과압의 발생원인(반응폭주, 운전실패, 장치결함, 유틸리티 중단 등)분석 및 이를 제거/감소하기 위한 평가를 실시하여야 한다.

(나) VCM 누출 발생원인에 대한 위험성평가를 실시하여야 한다. 특히 반응 종료 후 PVC 슬러리를 블로우다운 이송 시 운전 중인 다른 반응기의 수동밸브(Manual valve)가 개방될 위험성을 평가하여야 한다.

(3) 건조공정 설비에서는 PVC 분진폭발 위험성에 대한 검토를 하여야 한다.

(4) PVC 저장 및 이송공정의 백필터 및 사일로 저장조에서의 PVC 분진폭발 위험성을 평가하고 이를 제거·감소하기 위한 방안을 검토하여야 한다. 특히, 입경이 작은(0.1 ~ 10 ㎛)에 해당하는 유화중합의 경우 분진폭발 위험을 평가하여야 한다.

(가) 공기를 이용한 이송시스템(Pneumatic system) 등에서 발생될 수 있는 정전기의 제거·감소를 위하여 배관 연결부위를 주기적으로 점검하고, 배관의 끝단 부위나 기기류 접지, 백필터는 도전성 재질이 포함된 필터를 사용하고 접지하여야 한다.

(나) 기기의 구동부위에서 마찰로 인해 발생되는 열을 고려하여 주기적으로 설비를 점검하고, 기기에 윤활조치를 하여야 한다.

(다) 폭발압력의 방산조치인 폭발방산구(Emergency vent)를 설치하여야 한다.

(라) 망치의 재질을 비방폭형 도구(Non-spark)로 변경하여야 한다.

## 7. 비상조치 절차

다음의 절차는 PVC 제조공정의 비상조치 예시이다. 사업장마다 비상대비 구성설비가 다를 수 있으므로 다음 예시의 내용은 참고용으로 활용한다.

### 7.1 비상전원

(1) 전원공급이 중단되면 PVC 공장의 비상발전기를 구동하여 비상전원을 공급하도록 구성한다. 운전원은 비상전원을 이용하여 공장의 비상조치를 취하여야 한다.

(2) 비상전원 공급장치는 주 전원이 중단된 후 일정시간(약 5초 내외) 경과되면 가동되

어 공정에 전원을 공급하게 된다.

7.2 긴급 반응종결제(Shortstop)의 주입

(1) 반응기에서 중합반응이 진행하는 도중 전원공급 차단이나 교반기 가동 중단 등 비상사태가 발생할 경우에는 반응을 정지하기 위해 긴급 반응종결제가 투입될 수 있다.

(2) 긴급 반응종결제로는 주로 산화질소(NO, Nitric oxide)가 사용된다. 이 시스템에서는 반응 중 교반이 정지되고, 약 5초 경과 후 NO가 주입되는데, NO 가스는 독성이 강하므로 취급에 주의하여야 한다.

(3) 만약 반응종결제를 주입하여도 반응기의 반응 압력이 계속해서 증가하면 버핑(Burping) 밸브를 개방하여 필요한 만큼 반응기 상부와 연결된 회수분리탑(Recovery separator)으로 반응물을 보낸다.

7.3 기타

(1) 운전 중 계장용 공기(Instrument air)의 공급이 중단되면 원료공급을 중단하고 모든 반응기에 반응종결제를 정상주입량의 2배 주입한다.

(2) 교반기(Agitator)의 가동이 중단되어 5초 이내에 다시 기동되지 못하면 다음 조치 중 하나가 이루어지도록 한다.

(가) PLC에 의해 자동적으로 반응종결제(NO가스)를 반응기로 투입한다.

(나) 수동으로 반응종결제를 추가 주입하고 작업반장의 지시에 따라 블로우다운탱크 또는 탑 공급탱크로 보낸다.

(다) 반응기의 버핑 밸브를 개방하여 회수분리탑으로 반응물질을 보낸다.

(라) 비어있는 반응기가 있을 경우에는 빈 반응기와 연결(Line-up)하여 해당 반응기의 압력을 낮춘다.

〈부록〉

# PVC 제조공정의 사고사례

<별표 1> PVC 제조반응기의 VCM 누출사고(국외)

| 연도 | 장소 | 사고원인 | 인명피해 | 시설피해 |
|---|---|---|---|---|
| 1961 | 일본 | 반응기의 내용물을 잘못 방출 | 사망 4명<br>부상 10명 | 공정 내<br>주요구조물 손상 |
| 1966 | 미국 뉴저지 | 운전원이 실수로 반응기<br>하부밸브를 열어 내용물 방출 | 사망 1명 | 공정시설 파괴 |
| 1980 | 미국<br>메사추세츠 | 운전원이 실수로 반응기<br>하부밸브를 열어 내용물 방출 | 부상 2명 | 약 10억원 |
| 1980 | 미국<br>캘리포니아 | 부적절한 반응기 설계로<br>하부밸브가 일부 개방되어<br>내용물 유출 | - | 공정시설의 대규모<br>손상 |

※ 출처 : CSB 사고보고서(2004년)

<별표 2> 압력과 관련된 폭발사고 (1)

| 사고유형 | 사고사례 | 사고원인 | 재발방지대책 |
|---|---|---|---|
| 안전밸브 사고 | o 안전밸브 및 벤트 밸브까지 스케일로 막혀 비상수단으로 맨홀을 개방함. | [급격한 압력상승]<br>o 전력 중단(Power down)<br>o 부대설비 중단(Utility down)<br>o 반응 개시제 사고<br>o 과잉 공급: 추가수, 축수 등<br>o 교반기 중단(Agitator down) 등<br><br>[초기조치 실패]<br>o 중합금지제 투입지연, 실패<br>o 외부 점화원 제거 실패<br>o 전원복귀 기다림 등으로 초기 조치 실패<br><br>[안전방출 실패]<br>o 하부 수동 밸브 폐쇄<br>o 배관 막힘(스케일, 동결)<br>o 안전밸브 미설치<br>o 안전밸브의 기계적 결함<br>o 안전밸브의 고장 시 적절한 방출(Vent) 실패 | 1. 안전방출 (Safety vent) 시스템 및 중합금지제 투입설비의 주기적 정비<br>2. 작업표준 준수<br>3. 안전밸브 설치 표준 |
| | o 반응기 압력이 상승하는 데도 안전밸브가 개방되지 않을 때 · 계속 기다리는 경우<br>· 안전밸브가 방출되었을 때 수동 밸브를 잠근 사례 | | |
| | o 과잉 공급(Over Charge)시 압력이 거의 수직적으로 상승 | | |

<별표 3> 압력과 관련된 폭발사고 (2)

| 사고유형 | 사고사례 | 사고원인 | 재발방지대책 |
|---|---|---|---|
| 설비 부실 | o PVC 공장의 밸브 파열로 운전 중 VCM 및 슬러리 전량 누출 | o 용접부 불량 등 제작 불량<br>o 사용압력 등 운전조건의 임의 변경<br>o 적절치 않은 재질, 규격 사용<br>o 노후로 인한 부식, 피로 누적<br>o 설계불량, 검사불량 등 | 1. 설비, 배관의 적절한 재질 선정 및 용접방법 사용<br>2. 임시 배관 등 편법 사용 배제<br>3. 노후설비 검사 체계 및 방법 확립 |
| 정전기 | o 소지물의 반응기 내 낙하에 의한 폭발 (일본 PVC 공장) | o 의복, 작업도구류의 마찰, 충돌 등에 의한 정전기 방전<br>※ 특히 건조한 동절기에 의복이나 스크린 시브 (Screen Sieve)에서 정전기 발생이 심함. | 1. 위험지역에서의 작업도구, 작업 방법, 복장 등 준수<br>2. 철저한 치환으로 가연성 물질 제거 |
| 폭발성 물질의 보관·취급 부주의 | o 투입 지연으로 대기하던 용기 내의 반응개시제가 자연분해 및 압력 급상승으로 탱크의 S/G 파열 | o 탱크 내 폭발성(저온 분해성) 물질의 보관 중 외기온도 등에 의한 자연분해의 가속화로 탱크의 내압상승 및 폭발 | o 시스템 보완 (In-time Charge)으로 용기 내 대기 방지 및 PSV 설치 |
| | o 반응개시제 용기 등의 잔유물에 의한 용기 파열사고 | o 저온 분해성 약품 용기의 보관, 취급 부주의로 인한 폭발 | 1. 적절한 보관 장소<br>2. 잔유물의 확실한 제거<br>3. 적정한 반응 억제제(Inhibitor) 농도 유지 |

<별표 4> VCM 누출사고

| 사고유형 | 사고사례 | 사고원인 | 재발방지대책 |
|---|---|---|---|
| VCM 누출 | o 안전밸브 개방<br>o 안전밸브가 작동하지 않아 강제로 벤트밸브(Vent valve) 개방 | o 안전밸브 작동 또는 벤트 밸브 개방에 의한 VCM 누출 | 1. 작업 표준 준수<br>2. 역류 가능 배관(VC → CW, 질소 등)<br>- 체크밸브 설치<br>- CW: VCM 가스 검지기 설치<br>3. 치환설비의 구축<br>4. 설비의 주기적 점검 및 운전과 시스템의 최적화<br>- VCM 배관에 방출밸브(Relief v/v) 설치<br>- S/D시 주기적인 패킹 배관점검 |
| | o 패킹(Packing) 삽입 불량 시 파열<br>o 노후설비, 배관의 부식 누출<br>o 열팽창에 의한 패킹 파열 등 | o 탱크류, 패킹, 배관파열 등에 의한 누출 분출 | |
| | o 감압 송풍기(Blower) 회수(RW) 배관을 통한 VCM의 역류<br>o 반응기 배플(Baffle) 누출 시 | o 배관의 역류 | |
| | o 운전 중인 반응기 맨홀개방에 의한 누출<br>o 밸브 오조작으로 인한 개방<br>o DCS 시운전 시 오작동, 오조작<br>o 조작금지 표시 부착 밸브를 임의조작하여 구형탱크(Ball tank) VCM의 S/D 중인 공정으로 역류 | o 오조작(시운전, 운전중 밸브 또는 맨홀 개방 등) | |
| | o 공정 내 드레인 (Drain) 배관의 동결 | o 구형탱크 등 드레인 배관 동파로 VCM 누출 | |

<별표 5> 전기사고 및 공정파급 사고

| 사고 유형 | 사고사례 | 사고원인 | 재발방지대책 |
|---|---|---|---|
| 전기 사고 | o 반응기 교반기 모터 소손으로 인한 긴급 중합 금지조치<br>o 반응기 Inverter 회로 구성 (현장, DCS) 문제가 있어서 정전후 복귀 시 A/G 미가동<br>o 모터 용량 부족으로 모터 소손 | 1. 모터 노후<br>2. 정격용량 초과 운전<br>3. 보호계전기의 Spec 및 설정(Setting) 시의 문제<br>4. Inverter 회로 오구성 | o S/D시 주기적인 모터 내부점검 및 정비<br>o 주기적인 MCC 내부점검<br>o 노후설비 및 정격 초과 설비 등의 순차적 대체 |
| 공정에 심각한 영향을 주는 사고 | o 운전 중인 모터 지락으로 공정 전체의 Main ACB가 차단되어 공정에 전기 공급이 중단 | o 모터의 지락 등 공정 MCC 내부로부터 유발 | o 대용량 모터(440 V 이상)에 대한 주기적인 내부 점검, 정비 및 관리 강화 (교체운전, 가동 전 점검, 예열)<br>o 전원 및 공기 중단 시 자동밸브 조작 숙지<br>o UPS, MCC 내부 설비에 대한 주기적인 점검 |
| | o 수전소 사고로 한전 및 비상발전설비의 공급 선로가 소손<br>o 한전 정전 후 비상 발전 공급 중 비상발전기 고장으로 전기공급 불가<br>o 한전, 비상발전공급 불가 상황에서 UPS마저 끊겨 DCS, 비상조명 및 조작전원등 마비 | o 수전소 사고 등 공정의 외부로부터의 전원공급 불가 상태 | |

<별표 6> 공정운전사고(부원료 투입사고)

| 사고 유형 | 사고사례 | 사고원인 | 재발방지대책 |
|---|---|---|---|
| 반응 개시제 | o 시스템 불비<br>o 교대 인수인계 불량<br>o 기록 미비 | o 반응개시제 이중 투입 | o 작업표준 준수<br>o 운전원의 투입 전후 잔량 확인<br>o 설비 개선(DCS, 시스템)<br>o 품명 및 Lot 확인 기록<br>o 부원료 계량 저울의 계량치 기록화 |
| | o 투입 시 잔량이 남은 상태에서 차기 Batch Charge로 과량 투입<br>o 저울 계량 미스 | o 과량 투입 | |
| | o 반응개시제 적재 장소에 타 반응개시제 혼적으로 오투입<br>o 반응개시제 수령자의 실수<br>o 2종의 반응개시제 계량 시 개시제의 변경 계량 | o 변경 투입 | |
| 유화제, 분산제 등 | o 품종 교체 시 저장 탱크 잔량 미처리로 타 품종(PVA) 혼합<br>o PVA 저장탱크의 탈염수(DW) 배관 개방 또는 누출로 농도 변경<br>o 화학물질 이송배관의 역류(체크밸브 고착)<br>o 저장설비 후단의 스트레이너(Strainer) 정비작업 후 개방된 상태로 공급 | o 설비 불량, 관리 불량 | o 부원료 투입 시 2중 확인 시스템<br>o 부원료 계량 관리부 활용<br>o 부원료 계량 저울의 계량치 기록화 |

<별표 7> 공정운전사고(V/V 오조작 사고)

| 사고 유형 | 사고사례 | 사고원인 | 재발방지대책 |
|---|---|---|---|
| 밸브 오조작 사고 | o 펌프 측의 필터 정비 후 가스용기(Gas holder)로 가는 VCM 배관을 폐쇄하지 않아 펌프 가동 시 가스용기 급상승<br>o O/H시 VCM 배관 치환 후 우회밸브를 개방한 상태로 중합기에 VCM 사입 | o 치환 작업 시 등 VCM 배관을 연결(Common) 시켜 두고 작업 후 원상 복귀 미실시 | 1. 작업 후 상위 직급자 확인 (특히, 정기보수 후 배관 연결 등)<br>2. 업무 인수인계의 철저<br>3. 작업자의 확인<br>4. 근무조는 음주 금지 등 자기관리 필요 |
| | o 배출밸브를 드레인 밸브로 오인하여 잘못 조작 | o 공용배관(Common Line) 밸브의 오조작 | |
| | o 안전밸브 작동 불가 | o 정비 시 안전밸브 전단의 블록밸브를 닫은 후 미개방 | |
| | o DCS 시운전시 또는 정상운전 중 조작 미스 | o DCS 상 밸브 오조작 | |

# 기술지원규정 개정 이력

□ 개정일 : 2026. 1. 30.

○ 개정자 : 한국산업안전보건공단 전문기술실

○ 개정사유 : 확인(체계정비)

○ 주요 개정내용

- 항목 4(법적 필수사항) 추가
- 국문 명칭(기술지침→기술지원규정) 개정

# KOSHA GUIDE
# 기술지원규정

·규정번호 : C-C-22-2026
·심　　의 : 산업안전보건표준제정위원회
·공 표 일 : 2026. 1. 30.