KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE
기술지원규정

회분식 공정에 대한 위험과 운전분석(HAZOP) 기법에 관한 기술지원규정
C-C-41-2026

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
- 1996년 11월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
- 1996년 12월 총괄기준제정위원회 심의 및 공표
- 2001년 7월 화학안전분야 기준제정위원회 개정 심의
- 2001년 8월 총괄기준제정위원회 개정 심의
- 2012년 1월 총괄 제정위원회 심의(개정,법규개정조항 반영)
- 2017년 4월 화학안전분야 기준제정위원회 심의(개정)
- 2025년 12월 화학안전분야 전문위원회 심의(개정)
- 2026년 1월 표준제정위원회 본위원회 심의(개정)

○ 관련규격 및 자료

- 미국 CCPS, Guidelines for engineering design for process safety
- Fluor Daniel, Process Hazard Analysis Team Leader Training Course
- Technica, HAZOP Leader Course Training Manual
- 일본 중앙노동재해방지협회, 뱃치프로세스의 안전

○ 관련법규・규칙・고시 등

- 산업안전보건법 시행규칙 제50조(공정안전보고서의 세부내용 등)

○ 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. 용어의 정의 ····· 1

4. 공정위험성평가서 관련 법적 필수사항 ····· 2

5. 이탈의 구성 ····· 3

5.1 공정변수(Process Prameter) ····· 3

5.2 가이드워드(Guide word) ····· 4

5.3 회분식 공정의 특정이탈 ····· 4

6. 공정위험성평가 준비사항 ····· 5

6.1 위험성평가팀 구성 ····· 5

6.2 위험성평가에 활용할 자료수집 ····· 6

6.3 위험성평가 세부계획 수립 ····· 7

7. 위험성평가 수행 ····· 8

7.1 일반사항 ····· 8

7.2 검토구간 설정 ····· 9

7.3 설비운전상태 조합표 작성 ····· 10

7.4 단계·검토구간 조합표 작성 ····· 10

7.5 위험성평가의 진행 ····· 11

7.6 위험성평가 회의 진행요령 ····· 11

7.7 위험성평가 결과 기록지의 작성 ····· 12

7.8 위험도의 구분 ····· 12

7.9 개선권고사항의 작성 ····· 14

8. 위험성평가 보고서 작성 및 후속조치 ····· 15

9. 개선권고사항의 후속조치 ····· 15

<별표 1> 위험성평가팀 구성원의 주요임무(예시) ····· 17

<별표 2> 회분식공정의 이탈 및 가능한 원인(예시) ····· 19

<별표 3> 회분식공정의 이탈 행렬표(Deviation chart)(예시) ····· 21

<별표 4> 설비운전상태 조합표(Facility status matrix) ····· 22

<별표 5> 단계·검토구간 조합표(Step/Node matrix) ····· 22

<별표 6> 단계별 검토구간 가이드워드 정보표 ····· 23

<별표 7> 위험성평가 결과 기록지 ····· 23

<별표 8> 위험성평가팀 리더 및 구성원 인적사항 ····· 24

<별표 9> 위험성평가 결과 조치계획 ····· 24

<부록> 회분식 공정의 위험성평가(예시) ····· 25

회분식 공정에 대한 위험과 운전분석(HAZOP) 기법에 관한 기술지원규정

1. 목 적

이 규정은 회분식 공정의 위험과 운전분석(이하 “위험성평가”라고 한다)기법을 수행하는데 필요한 사항을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 규정은 화학공장 등의 회분식 공정에서의 위험성평가에 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 규정에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “위험과 운전분석 (Hazard and operability(HAZOP) study)”이라 함은 공정에 존재하는 위험요인과 공정의 효율을 떨어뜨릴 수 있는 운전상의 문제점을 찾아내어 그 원인을 제거하는 방법을 말한다.

(나) “위험요인 (Hazard)”이라 함은 인적·물적손실 및 환경피해를 일으키는 요인(요소) 또는 이들 요인이 혼재된 잠재적 위험요인으로 실제 사고(손실)로 전환되기 위해서는 자극이 필요하며 이러한 자극으로는 기계적 고장, 시스템의 상태, 작업자의 실수 등 물리·화학적, 생물학적, 심리적, 행동적 원인이 있음을 말한다.

(다) “운전성 (Operability)”이라 함은 운전자가 공장을 안전하게 운전할 수 있는 상태를 말한다.

(라) “운전단계 (Operating step)”라 함은 회분식 공정에서 운전절차에 따라 운전자가 수행하는 별개의 독립된 단계를 말한다.

(마) “설계의도 (Design intent)”라 함은 공정 설계나 운전 시 요구하는 정상적인 설계

조건이나 운전조건을 말한다.

(바) “검토구간 (Node)”이라 함은 각각의 이탈에 대하여 검토하여야 할 확정된 설비의 구간을 말한다.

(사) “공정변수 (Process parameter)″라 함은 검토구간상의 유량, 압력, 온도 등 물리적 특성 및 정비, 샘플링 등 공정의 상태를 말한다.

(아) “가이드워드 (Guide words)”라 함은 공정변수의 질, 양 또는 상황을 표현하는 간단한 용어를 말한다.

(자) “이탈 (Deviation)”이라 함은 가이드워드와 공정변수가 조합되어, 유체흐름의 정지 또는 과잉상태와 같이 설계의도로부터 벗어난 상태를 말한다.

(차) “원인 (Cause)”이라 함은 이탈을 발생시킨 요인을 말한다.

(카) “결과 (Consequence)”라 함은 이탈이 일어남으로써 야기되는 상태를 말한다.

(타) “현재 안전조치 (Safeguards)”라 함은 이탈로 인한 결과의 발생을 방지하는 역할을 하고 있는 이미 설치된 안전장치 및 절차 등 현재의 관리상황을 말한다.

(파) “위험도 (Risk)”라 함은 특정한 위험요인이 위험한 상태로 노출되어 특정한 사건으로 이어질 수 있는 사고의 빈도(가능성)와 사고의 강도(중대성) 조합으로서 위험의 크기 또는 위험의 정도를 말한다.

(하) “개선권고사항 (Recommendation)”이라 함은 이탈에 대한 현재 안전조치가 부족하다고 판단될 때 추가적인 안전성을 확보하기 위한 장치 또는 절차 등을 말한다.

(2) 그 밖에 용어의 정의는 이 규정에서 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙에서 정하는 바에 따른다.

4. 공정위험성평가서 관련 법적 필수사항

다음은 산업안전보건법령에 관한 사항으로써 반드시 준수하여야 한다.

산업안전보건법 시행규칙 제50조(공정안전보고서의 세부 내용 등)

① 영 제44조에 따라 공정안전보고서에 포함해야 할 세부내용은 다음 각 호와 같다.

2. 공정위험성평가서 및 잠재위험에 대한 사고예방·피해 최소화 대책(공정위험성평가서는 공정의 특성 등을 고려하여 다음 각 목의 위험성평가 기법 중 한 가지 이상을 선정하여 위험성평가를 한 후 그 결과에 따라 작성해야 하며, 사고예방·피해최소화 대책은 위험성평가 결과 잠재위험이 있다고 인정되는 경우에만 작성한다)

가. 체크리스트(Check List)
나. 상대위험순위 결정(Dow and Mond Indices)
다. 작업자 실수 분석(HEA)
라. 사고 예상 질문 분석(What-if)
마. 위험과 운전 분석(HAZOP)
바. 이상위험도 분석(FMECA)
사. 결함 수 분석(FTA)
아. 사건 수 분석(ETA)
자. 원인결과 분석(CCA)
차. 가목부터 자목까지의 규정과 같은 수준 이상의 기술적 평가기법

5. 이탈의 구성

이탈의 구성은 가이드워드와 공정변수가 조합되어 <그림 1>과 같이 표현된다.



<그림 1> 이탈의 구성

5.1 공정변수(Process Parameter)

공정변수는 설계의도에 의하여 발생된다고 할 수 있으며, 그 특성에 따라 크게 두 가지로 분류되며, 그 예시를 <표 1>에 나타내었다.

(1) 특정변수(Specific parameter)

공정의 형태를 물리, 화학적으로 표현할 수 있는 변수로서 대개 수치화가 가능하며, 가이드워드와 조합되어 하나의 이탈(Deviation)을 발생시킨다.

(2) 일반변수(General parameter)

가이드워드와 조합하여 이탈을 발생시키는 특정변수와는 달리 단독으로 하나의 이탈을 구성한다.

<표 1> 공정변수의 종류

특정변수	일반변수
- 유량(Flow) - 온도(Temperature) - 압력(Pressure) - 액위(Level) - 조성(Composition) - 상(Phase) - 점도(Viscosity)	- 첨가(Addition) - 반응(Reaction) - 유지관리(Maintenance) - 시험(Testing) - 계장설비(Instrumentation) - 시료채취(Sampling) - 완화(Relief) - 서비스/유틸리티설비(Service/Utilities) - 부식/침식(Corrosion/Erosion) - 혼합(Mixing)

5.2 가이드워드(Guide Word)

<표 2> 가이드워드의 종류

가이드워드	정 의	예
없음 (No, Not, or None)	설계의도에 완전히 반하여 공정변수의 양이 없는 상태	유량없음(No flow)이라고 표현할 경우 : 검토구간 내에서 유량이 없거나 흐르지 않는 상태를 뜻함.
증가(More)	공정변수가 양적으로 증가되는 상태	유량증가(More flow)라고 표현할 경우 : 검토구간 내에서 유량이 설계의도보다 많이 흐르는 상태를 뜻함.
감소(Less)	공정변수가 양적으로 감소되는 상태	유량감소(Less flow)라고 표현할 경우 : 누설 등으로 설계의도보다 유량이 적어진 경우를 뜻함.
반대 (Reverse)	설계의도와 정반대로 나타나는 상태	유량이나 반응 등에 흔히 적용되며 반대흐름(Reverse flow)이라고 표현할 경우 : 검토구간 내에서 유체가 정반대 방향으로 흐르는 상태
부가 (As well as)	설계의도 외에 다른 공정변수가 부가되는 상태, 질적 증가	오염(Contamination) 등과 같이 설계의도 외에 부가로 이루어지는 상태를 뜻함.
부분 (Parts of)	설계의도대로 완전히 이루어지지 않는 상태, 질적 감소	조성 비율이 잘못된 것과 같이 설계의도대로 되지 않는 상태
기타 (Other than)	설계의도가 완전히 바뀜	밸브의 잘못 조작으로 다른 원료가 공급되는 상태 등

5.3 회분식 공정의 특정이탈

회분식 공정에 사용되는 공정변수는 연속식 공정에서 사용되는 유량, 액위, 온도, 압력 등 이외에 단계별로 운전되는 특성에 따라 시간(Time)과 시퀀스(Sequence)를 추가하여 아래와 같이 가이드워드와 조합된 이탈을 찾아야 한다.

<표 3> 시간에 관련한 이탈

이 탈	정 의
시간생략(No time)	사건 또는 조치가 이루어지지 않음.
시간지연(More time)	조작 또는 행위가 예상보다 오래 지속됨.
시간단축(Less time)	조작 또는 행위가 예상보다 짧게 지속됨.

<표 4> 시퀀스에 관련한 이탈

이 탈	정 의
조작지연 (Action too late)	허용범위(시간, 조건)보다 늦게 시작함.
조기조작 (Action too early)	허용범위(시간, 조건)보다 일찍 시작함.
조작생략 (Action left out)	조작을 생략함.
역행조작 (Action backwards)	전 단계 단위공정으로 역행함.
부분조작 (Part of action missed)	한 단계 조작 내에서 하나의 부수 조치가 생략됨.
다른 조작 (Extraction included)	한 단계 조작 중 불필요한 다른 단계의 조작을 행함.
기타 오조작 (Wrong action taken)	예측 불가능한 기타 오조작

6. 공정위험성평가 준비사항

6.1 위험성평가팀 구성

(1) 위험성평가팀을 이끌어 갈 팀리더와 평가내용을 기록할 서기를 임명한다.

(2) 위험성평가 대상공정에 관한 기술적 사항을 잘 알고 있는 설계기술자 및 향후 운전을 담당할 운전기술자가 반드시 참여하여 설계 및 운전방법에 관한 확실한 결정을 할 수 있도록 한다.

(3) 위험성평가팀은 설계 및 운전 기술자 이외에도 평가대상 등을 고려하여 아래와 같은 분야별 전문가를 참여시켜 구성할 수 있다.

(가) 기존공장 또는 소규모 공장의 변경의 경우에는 공장 운전팀의 대표, 공정, 계측제어, 기계, 전기기술자 및 운전조장 등

(나) 신설공장의 경우에는 사업책임자, 공정, 계측제어, 기계, 전기기술자 및 운전조장 등

(4) 서기는 회의내용을 충분히 이해하고 기록할 수 있는 자이어야 한다.

(5) 위험성평가팀 구성원의 주요임무는 <별표 1>을 참조한다.

6.2 위험성평가에 활용할 자료수집

(1) 팀리더는 평가의 목적과 범위를 정한 후 평가에 필요한 자료를 수집한다.

(2) 위험성평가에 사용되는 설계도서는 최신의 것이어야 한다.

(3) 기존공장의 평가에 사용되는 설계도서는 현장과 일치되어야 한다.

(4) 위험성평가에 필요한 자료 목록은 다음과 같다.

(가) 공정 개념

(나) 공정흐름도면(PFD), 물질 및 열 수지(Energy balance)

(다) 주요 기계장치의 기본설계자료(Equipment data sheet)

(라) 공정 설명서 및 제어계통 개념과 제어시스템 설명서

(마) 설비배치도면

(바) 공정배관・계장도면(P&ID)

(사) 정상 및 비정상 운전절차

(아) 모든 경보 및 자동 운전정지 설정치 목록

(자) 유해·위험물질의 물질안전보건자료(MSDS)

(차) 안전밸브 등의 설정치 및 용량 산출 자료

(카) 배관 표준 및 명세서

(타) 과거의 중대산업사고, 공정사고 및 아차사고 사례

(파) 회분식 공정에 대한 운전절차(Sequence of operations)

운전절차가 운전자 운전방식(Manual operation)일 경우는 운전절차서에, 컴퓨터 운전일 경우는 흐름도(Flow chart)로 표시하며 주요내용은 다음과 같다.

① 모든 단계가 표시되고 각 상황에 대한 공정상태 표시

② 각 단계에서의 인터록(예: 용기에 주입 시 교반기의 정지 등)

③ 다음 단계로 넘어가기 전의 필요조건

④ 운전 중 주요 확인사항 및 확인시간

6.3 위험성평가 세부계획 수립

(1) 위험성평가 세부계획에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

(가) 회의일자 및 시간

(나) 평가 대상 및 위험성평가 기법 선정

(다) 팀 구성 및 운영계획

(라) 보고서 작성 및 후속조치 계획

(2) 위험성평가 소요시간은 경험적으로 산출하거나 리더가 검토구간의 숫자를 기준하여 산출한다.

(3) 동일한 기기로 구성된 일련의 설비(Train)가 여러 개 있는 경우에는 하나의 일련의 설비(Train)에 대한 위험성평가만을 수행하고 나머지 일련의 설비(Train)에 대한 검토는 생략가능하며 소요일정 산출에 고려할 수 있다.

7. 위험성평가 수행

7.1 일반사항

(1) 팀리더는 위험성평가의 개요와 목적을 팀구성원에게 충분히 설명하여 구성원들이 평가를 원활히 수행할 수 있도록 지원한다.

(2) 도면에 표기된 모든 장치 및 설비에 대한 목적과 특성을 설명하고 토의한다.

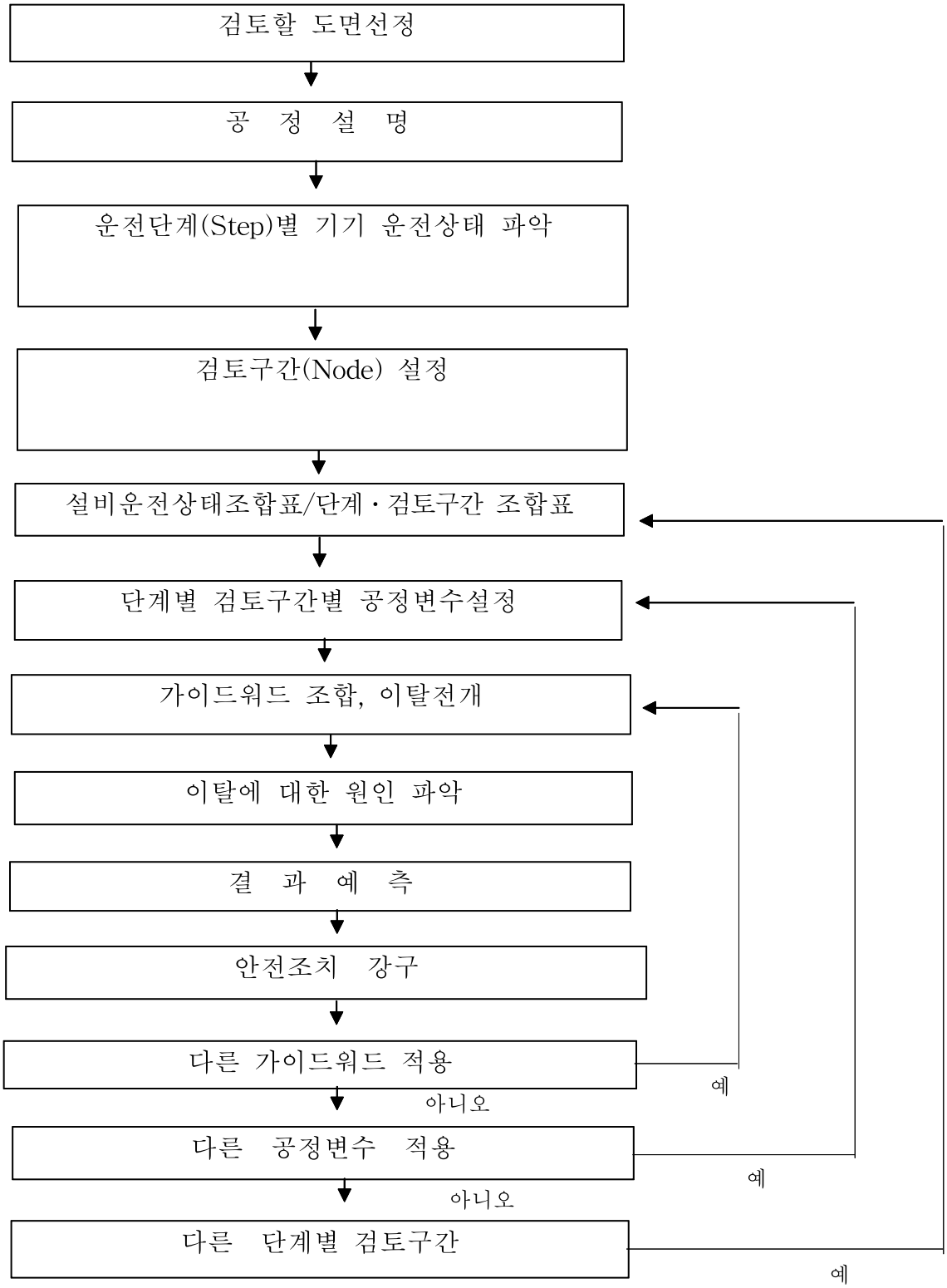
(3) 검토구간의 설정은 6.2항의 방법에 따른다.

(4) 회분식 공정은 연속식 공정과 달리 운전단계별로 운전조건 등이 상이함으로 효과적인 평가를 위하여 6.3항에 따른 설비운전상태 조합표와 6.4항에 따른 단계·검토구간 조합표를 작성하여야 한다.

(5) 단계별 검토구간 내에서 가이드워드와 공정변수를 조합하여 <별표 2>의 예시와 같이 이탈을 구성하여 <그림2>의 절차에 따라 위험성평가를 진행한다.

(6) 검토결과 설계에 수정이나 변경이 필요한 사항은 도면에 적색으로 표시하고 검토가 끝난 구간은 녹색으로 표시한다.

(7) 도면상의 모든 라인에 대한 검토가 완료되면 도면에 검토를 완료하였다는 서명을 한 후 다음 도면을 검토한다.



<그림 2> 회분식 공정의 위험성평가 수행 흐름도

7.2 검토구간 설정

(1) 해당 도면에 검토구간을 설정하는 경우 연속식 위험성평가가 가능한 부분은 회분식으로 수행하지 않고 연속식으로 수행되도록 한다.

(2) 하나의 도면에 운전조건이 단계별로 상이하게 운전되는 설비가 여러 개 존재하는 경우에는 설비를 별도로 분리하여 설비별로 각각의 검토구간을 설정한다.

(3) 운전조건이 단계별로 운전되는 설비를 중심으로 직접적으로 연계된 투입측과 배출측의 설비에 대하여 검토구간으로 설정하되, 그 밖의 세부적인 설정기준은 연속식 공정의 위험과 운전분석(HAZOP)기법을 준용한다.

7.3 설비운전상태 조합표 작성

(1) <별표 4>의 설비운전상태 조합표의 '설비' 항목에는 운전자가 정상적인 운전과정에서 조작하는 설비(밸브류, 회전기기류 등)를 기재한다.

(2) (1)항의 '설비'의 선정 시, 정상운전 상태에서 조작하지 않는 설비(Bypass valve, Spare pump 등)와 항상 동일한 상태를 유지하는 설비(Control valve 전·후단 차단 밸브 등)는 대상항목에서 제외한다. 그러나 맨홀을 통한 원료투입 등 작업자가 운전단계에서 직접 수행에 필요한 부속설비는 포함하여야 한다.

(3) <별표 4>의 설비운전상태 조합표의 '단계' 항목에는 공정운전을 위하여 수행하는 운전단계를 기재하고, 각 단계별로 '설비' 항목의 조작상태를 확인하여야 한다.

(4) (3)항에서의 설비조작 상태는 밸브류(밸브, 댐퍼 등)의 경우에는 O(Open), C(Close)로, 회전기기류(교반기, 펌프 등)의 경우에는 On, Off로 기재하여 각 운전단계에서 설비의 조작이 한 가지 상황만 이루어지는지 여부를 검토하고 만약에 한 가지 상황만 이루어지는 상태가 아니라면 해당 운전단계를 분리하여야 한다.

7.4 단계·검토구간 조합표 작성

(1) <별표 5>의 단계·검토구간 조합표의 '검토구간" 항목에는 해당 도면에서 구분한 검토구간을 기재한다.

(2) <별표 5>의 '단계' 항목에는 설비운전상태 조합표를 통하여 한 가지 상황만 이루어지는 상태가 확정된 운전단계를 기재한다.

(3) <별표 5>의 작성은 운전단계별로 해당 검토구간이 정상적인 운전조건에서 영향을 미치는 경우에는 검토대상(○)으로, 영향을 미치지 않는 경우에는 비검토대상(×)으로 기재하여 검토대상을 단순화 한다.

(4) 회분식과 연속식의 위험성평가의 가장 큰 차이는, 회분식의 경우 이탈의 구성이 검토구간만이 아닌 단계별 검토구간 내에서 진행된다는 것이다. 따라서 (3)항에 따른 검토대상(○)인 경우에는 해당 공정변수에 적용되는 가이드워드를 조합하여 이탈을 구성하고, 비검토대상(×)인 경우에는 “회분식기타”로 표기한 <별표6>의 단계별 검토구간 가이드워드 정보표를 작성하고 위험성평가를 진행한다. 여기서 ‘기타’ 항목과 ‘회분식기타’ 항목은 별개로서 ‘기타’는 동일 작업단계에서의 해당 검토구간에 적용되고, ‘회분식기타’는 동일 작업단계에서의 다른 검토구간에 적용된다. (부록 표2와 부록 표 3의 예시 참조)

(5) 회분식 공정에서는 하나의 제조설비에서 운전절차와 시퀀스를 변경함으로써 수많은 종류의 제품을 생산하므로, 평가시간을 줄이기 위하여 동일성격의 제품은 그룹화 하여 각각의 제품대신 각 그룹별로 평가를 수행함으로써 위험성평가를 단순화 할 수 있다.

7.5 위험성평가의 진행

(1) 회분식 공정은 <별표 6>의 단계별 검토구간 가이드워드 정보표에 따른 이탈과 이에 대한 원인, 결과, 현재안전조치 및 개선권고사항 등이 평가되어야 한다. 연속식 공정은 한 개의 검토구간에 대하여 위험성평가를 수행하면 되지만, 회분식 공정은 특정 검토구간이 공정 단계별로 운전 성격이 다르므로 단계를 고려한 평가가 수행되어야만 한다.

(2) 회분식 공정은 단계별로 이루어지기에 안전운전에 시간과 시퀀스가 결정적인 영향을 주므로 운전단계별로 영향을 받고 있는 반응기 등 설비의 공정변수에 시간과 시퀀스를 포함하여야 한다. 시퀀스에 관련한 이탈을 검토할 경우에는 동일 단계 내의 설비간 또는 검토구간간의 운전시퀀스가 아닌 각 단계(Step) 사이의 운전시퀀스 문제를 이탈로 가정한다. (부록 표 3의 검토구간 1-3 참조)

7.6 위험성평가 회의 진행요령

(1) 팀리더는 회의를 진행하는 동안 팀원으로 하여금 모든 공정의 이탈 상황을 평가하도록 하고, 서기는 토의결과를 빠짐없이 서류로 작성한다.

(2) 팀리더는 팀원 각자가 이탈에 대한 결과 또는 문제점에 대한 의견을 제시하도록 유도하고, 서로 다른 의견이 있을 경우에는 리더가 직접 결정하지 말고 팀원들에게 다시 물어보든가 분야별 전문가의 의견을 들어 상반된 의견을 조정한다.

(3) 개선권고사항은 팀 전원의 동의가 필요하며 다수결에 의해 처리하지 않도록 한다.

7.7 위험성평가 결과 기록지의 작성

위험성평가 결과를 기록하는 때에는 6하 원칙에 따라 기기, 장치, 설비 및 계기의 고유번호를 사용하여 작성하며, <별표 7>의 위험성평가 결과 기록지 작성방법은 다음과 같다.

(1) “이탈”란에는 관련 도면에서 정한 검토구간에 대하여 가이드워드와 공정변수를 적용하여 발생 가능한 이탈을 기록한다.

(2) “원인”란에는 이탈이 일어날 수 있는 원인을 찾아 기록한다. 하나의 이탈에 대하여 하나 이상의 원인이 있는 경우에는 이들 원인 모두를 기록한다.

(3) “결과”란에는 각각의 원인에 대하여 예상되는 결과를 모두 기록한다. 예상되는 결과도 원인과 마찬가지로 하나의 원인에 대하여 2개 이상의 결과가 예상되는 경우에는 이들 모두를 기록한다. 또한 각각의 서로 다른 원인에 의해 같은 결과가 예상되는 경우에도 원인별로 예상되는 결과를 각각 구분하여 기록한다.

(4) “현재 안전조치”란에는 각각의 예상되는 결과에 대비한 안전장치 및 절차가 어떻게 마련되었는지를 기록한다.

(5) “위험도”란에는 예상되는 발생빈도와 강도를 조합한 위험도를 기록한다. 위험도를 구분하는 방법은 6.8항을 참조한다.

(6) “개선권고사항”란에는 예상되는 결과에 대비한 현재의 안전조치 이외에 추가적으로 필요한 안전 조치내용 등을 기록한다.

7.8 위험도의 구분

(1) 위험도를 구분하는 방법은 <표 5>의 위험도 대조표(예시)와 같이 사고의 발생빈도와 강도를 조합하여 1에서 5까지 구분할 수 있으며, 위험도 기준은 <표 6>을_참조하여 사업장의 실정에 맞도록 규정한다.

<표 5> 위험도 대조표(예시)

위 험 도 대 조 표			
강도 \ 발생빈도	3(상)	2(중)	1(하)
4(치명적)	5	5	3
3(중대함)	4	4	2
2(보 통)	3	2	1
1(경 미)	2	1	1

<표 6> 위험도 기준(예시)

위험도 기준	
5	허용불가 위험
4	중대한 위험
3	상당한 위험
2	경미한 위험
1	무시할 수 있는 위험

(2) 발생빈도 및 강도의 구분은 <표 7> 및 <표 8>을 참조하여 사업장의 실정에 맞도록 규정한다.

<표 7> 발생빈도의 구분(예시)

발생빈도	내 용
3(상)	설비 수명기간에 공정사고가 1회 이상 발생
2(중)	설비 수명기간에 공정사고가 발생할 가능성이 있음
1(하)	설비 수명기간에 공정사고가 발생할 가능성이 희박함

<표 8> 강도의 구분(예시)

강 도	내 용
4(치명적)	사망, 부상 2명 이상, 재산손실 10억원 이상, 설비 운전정지기간 10일 이상
3(중대함)	부상 1명, 재산손실 1억원 이상 10억원 미만, 설비 운전정지기간 1일 이상 10일 미만
2(보 통)	부상자 없음, 재산손실 1억원 미만, 설비 운전정지기간 1일 미만
1(경 미)	안전설계, 운전성 향상을 위한 개선 필요, 손실일수 없음

(3) 위험도를 결정하는 경우 발생빈도는 현재 안전조치를 고려하여 결정하나, 강도는 현재 안전조치를 고려하지 않는다.

7.9 개선권고사항의 작성

(1) 위험성평가 보고서에 각각의 개선권고사항에 대한 우선조치 순위를 정하여 경영진에게 보고한다.

(2) 개선권고사항에 대한 후속조치를 담당부서에서 시행할 수 있도록 다음과 같은 자료를 개선권고사항에 첨부한다.

(가) 위험성평가팀이 검토하였던 시나리오

(나) 이탈에 따른 가능한 결과

(다) 위험성평가팀이 제안한 개선권고사항의 요지

(3) 모든 개선권고사항은 다음과 같은 사항을 고려하여 작성한다.

(가) 무슨 조치가 필요한가?

(나) 어디에 이 조치가 필요한가?

(다) 왜 이 조치가 시행되어야 하나?

(4) 개선권고사항은 한글과 영문을 혼용하여 작성할 수 있다.

8. 위험성평가 보고서 작성 및 후속조치

(1) 위험성평가 보고서에는 다음과 같은 사항이 포함되어야 한다.

(가) 공정 및 설비 개요

(나) 공정의 위험 특성

(다) 검토 범위와 목적

(라) 위험성평가팀 리더 및 구성원 인적사항(<별표 8> 참조)

(마) 위험성평가 결과 기록지(<별표 7> 참조)

(바) 위험성평가 결과 조치계획(<별표 9> 참조)

(2) 위험성평가 회의에서 검토된 공정흐름도면, 공정배관·계장도면 및 안전운전절차 등의 관련 자료는 위험성평가 서류에 철하여 보관한다.

(3) 서기는 위험성평가 회의에서 논의된 내용을 작업일자별로 서류화하고 논의된 내용과 결과를 기록한다.

(4) 위험성평가 회의결과 사본을 팀구성원들에게 배포하여 검토를 거친다.

9. 개선권고사항의 후속조치

(1) 개선권고사항은 사업장의 실정에 맞도록 규정된 위험관리기준을 바탕으로 하여 검토한 후, 후속조치가 필요한 개선권고사항은 우선순위를 정하여 조치하여야 한다.

(가) 경영자는 위험도가 높은 위험성평가 결과에 대하여 사업장의 허용 가능한 위험도 이하로 낮추기 위한 안전조치를 반드시 취하여야 한다.

(나) 위험관리기준은 <표 9>의 예시를 참고하여 규정한다.

(2) 개선권고사항에 대한 후속조치는 사업장의 특성에 따라 정비부, 기술부 또는 사업부 등 관련부서에서 시행될 수 있도록 책임부서를 지정하여야 한다.

(3) 경영자는 개선권고사항에 대한 후속조치가 적절히 이행되는지 여부를 확인하여야 한다.

<표 9> 위험도 평가(예시)

위험도		위험관리기준	비고
1	무시할 수 있는 위험	현재의 안전대책 유지	위험작업 수용 (현 상태로 작업 계속 가능)
2	경미한 위험	안전정보 및 주기적 표준작업안전 교육의 제공이 필요한 위험	
3	상당한 위험	계획된 정비·보수 기간에 안전대책을 세워야 하는 위험	조건부 위험작업 수용 (위험이 없으면 작업을 계속하되, 위험감소 활동을 실시하여야 함)
4	중대한 위험	긴급 임시안전대책을 세운 후 작업을 하되 계획된 정비·보수기간에 안전대책을 세워야 하는 위험	
5	허용불가 위험	즉시 작업중단(작업을 지속하려면 즉시 개선을 실행해야 하는 위험)	위험작업 불허 (즉시 작업을 중지하여야 함)

<별표 1>

위험성평가팀 구성원의 주요임무(예시)

팀구성원	주 요 임 무
팀리더	o 팀리더는 위험성평가의 전반적인 책임을 진다. o 평가의 목적과 범위 설정 o 검토일정의 수립 o 팀의 구성 및 협조 요청 o 필요한 자료의 파악과 수집 o 편의시설이나 컴퓨터 등 장비의 준비 o 팀구성원 교육 o 평가회의 진행 o 최종 보고서의 작성
서기	o 위험성평가 결과 기록지 작성 o 각 개선권고사항의 검토배경
공정기사	o 각 검토구간에 대한 공정 설명 o 각 공정의 기본설계 자료 제공 o 운전자료 제공
기계설계 기사	o 설비 설계에 적용되는 기준 제공 o 설비 및 배관 등의 명세 제공 o 일괄공급설비의 상세자료 제공 o 설비 및 배관 배치도면 제공
계측 제어기사	o 제어계통 개념 및 제어시스템 설명 o 제어시스템의 하드웨어 및 소프트웨어에 대한 정보 제공 o 하드웨어에 대한 신뢰성 및 일반적인 고장 형태 제공 o 제어 시퀀스, 경보/트립 설정치, 자동 비상정지 등에 대한 시험, 조정 및 보수 등에 대한 자료 제공

팀구성원	주 요 임 무
운전조장	o 공정배관·계장도면 또는 운전절차서가 실제 공정 운전과 일치하는지 여부 확인 o 현재의 공정이 도면 등에 반영되었는지의 확인 o 상세한 운전실무와 절차의 제공 o 운전팀 관심사항의 반영
안전부서 대표	o 사업장 내의 안전표준이 반영되었는지의 확인 o 사업장 내의 모든 설비에 대한 안전조치가 일관성 있게 결정되었는지의 확인
공정화학 기술자	o 공정 내 사용되는 물질안전보건자료 제공 o 이상반응, 부산물, 부식 등 화학물질에 의한 잠재위험성에 관한 자료 제공

<별표 2>

회분식 공정의 이탈 및 가능한 원인(예시)

공정변수	이탈	가능한 원인
유량 (Flow)	유량 없음 (No flow)	잘못된 흐름, 배관 막힘, 맹판 설치, 반대방향으로 설치된 체크밸브, 배관 파열, 계기·기기 결함, 잠김, 배관 동결 등
	유체 역류 (Reverse flow)	체크밸브 결함, 사이폰(Siphon) 영향, 부적절한 압력차이, 2방향 흐름, 긴급 벤트 등
	유량 증가 (More flow)	증가된 펌핑능력, 흡입측 압력증가, 토출측 압력감소, 열교환기 튜브 누설, 오리피스 제거, 밸브의 조치잘못, 제어밸브의 고장, 제어 시스템의 결함, 제어밸브의 트림 재질 변경, 2대의 펌프 가동
	유량 감소 (Less flow)	배관 막힘. 배관 내 스케일 축적, 필터 막힘, 펌프결함, 지저분함, 밀도 또는 점도 증가, 소량 누출, 배관 동결 등
	오염 (Contamination)	차단밸브 또는 열교환기 튜브 누설, 잘못 조치된 밸브, 잘못된 배관 연결, 배관 부식, 잘못된 첨가제 투입, 공기의 유입, 비정상적 밸브 작동 등
액면 (Level)	액면 증가 (More level)	출구 흐름 차단, 유입 > 유출, 액면 제어 실패, 액면 지시계 고장 및 오지시
	액면 감소 (Less level)	입구 흐름 차단, 누설, 유출 > 유입, 액면 제어 실패, 액면 지시계 고장 및 오지시, 드레인 개방
압력 (Pressure)	압력 증가 (More pressure)	배관 서징(Surging), 고압 시스템으로 잘못 연결, 부적절한 벤트, 릴리프 밸브 차단, 온도상승에 따른 과압, 정변위 펌프 토출측 배관 차단, 제어밸브 고장
	압력 감소 (Less pressure)	진공 생성, 스팀 배출, 용해되지 않는 액체, 펌프/압축기 흡입측 배관의 제한, 온도 감소, 발견되지 않은 누설, 벤트 개방 등

공정변수	이탈	가능한 원인
온도 (Temperature)	온도 증가(More temperature)	태양 복사열, 열교환기의 튜브 막힘 또는 파열, 화재, 냉각수 차단, 반응폭주, 열매 누설
	온도 감소(Less temperature)	낮은 대기온도, 동절기 보온 미흡, 감소된 압력, 냉각수 공급 과잉, 열매 공급 부족
혼합 (Mixing)	혼합 없음/감소 (No/less mixing)	교반기 고장, 전력공급 중단, 체류시간 감소, 물질의 점도 증가
반응 (Reaction)	반응 없음/감소 (No/less reaction)	반응물의 조성 변화, 운전조건 변화, 반응 개시제 미투입, 체류시간, 촉매 이상
	반응지연 (Reaction too far)	열매 공급 지연, 체류시간 감소
	부반응 (Side reaction)	원료 조성비율 오류, 운전 조건 변화, 오염
	분해반응 (Decomposition)	운전조건 변화, 조성 변화
점도 (Viscosity)	증가/감소 (More/less)	부적절한 물질 또는 조성, 온도제어 실패, 농도 변화
압력방출 (Relief)	부적절한 압력방출	압력방출장치 용량 오류, 압력방출장치 선정 오류, 신뢰도, 2상 흐름, 공정 증설 영향
시료 채취 (Sampling)	부적절한 시료채취	운전절차, 안전, 교정, 신뢰도/정확도

<별표 3>

회분식 공정의 이탈의 행렬표(Deviation chart) (예시)

검토구간 :

공 정	가 이 드 워 드							
공정변수	증가	감소	없음	반대	부분	부가	대체	회분식 기타
유 량	유량 증가	유량 감소	유량 없음	유체 역류	부분 유량	유체 부가	틀린 유체	회분식 기타
압 력	압력 증가	압력 감소	진공					
온 도	온도 증가	온도 감소						
액 면	액면 증가	액면 감소	액면 없음					
반 응	고속 반응	저속 반응	반응 없음	분해 반응	미 반응	부 반응	틀린 반응	
시 간	시간 지연	시간 단축	시간 생략					
시퀀스	조작 지연	조기 조작	조작 생략	역행 조작	부분 조작	부가 조작	틀린 조작	
조 성	과 농도	저 농도				별도 조성	틀린 조성	
상(Phase)	많은 상	적은 상	단상	상 전환	에멀젼			
혼합	과 혼합	저 혼합						

<별표 4>

설비운전상태 조합표(Facility status matrix)

설비 / 단계								

<별표 5>

단계 · 검토구간 조합표(Step/Node matrix)

검토구간 / 단계								

<별표 6>

단계별 검토구간 가이드워드 정보표

단계별 검토구간		공정 변수	설계 의도	가이드워드							
번호	설명			없음	증가	감소	반대	부가	부분	기타	회분식 기타

<별표 7>

위험성평가 결과 기록지

공정 : 검토일 :

도면 : 쪽 :

검토구간 :

이 탈	원 인	결 과	현재안전조치	위험도			개선권고사항
				빈도	강도	위험도	

<별표 8>

위험성평가팀 리더 및 구성원 인적사항

구 분	성 명	학력 및 전공	경 력	비 고

※ “구분”란에는 팀리더, 담당분야(전기기사, 공정기사 등)기재

<별표 9>

위험성평가 결과 조치계획

쪽 :

번호	우선 순위	위험 등급	개선권고사항	책임 부서	조치 일정	진행 결과	완료 확인	비고

<부록>

회분식 공정의 위험성평가(예시)

1. 서론

H화학공장의 연구팀은 고강도의 엔지니어링 플라스틱 개발계획에 따라 신종의 고분자 물질을 개발하고 시험과 소규모 생산을 동시에 실시하기 위한 설비를 계획하고 한다.

2. 공정개요

2.1 반응

A	+	B	→	C
원료		원료		제품
80ℓ		20ℓ		100ℓ

2.2 작업공정

단 계	작 업 내 용	주 요 사 항
원료 투입	o 원료 A 80ℓ 투입	o 일시 투입 o 펌프 A 사용
반 응	o 원료 B의 적하 o 작업온도 80℃ 유지 o 주입시간 : 10분	o 이상반응으로 인한 과압 발생 가능 - 적하 중 교반정지 시 - 온도 95℃ 이상 시 o 펌프 B 사용
정 제	o 용매 제거 o 냉각	o 진공, 20분
포 장	o 드럼 포장	o 진공해제 후 작업

2.3 반응기 특성

(1) 재질 : STS 316 (120ℓ)

(2) 기능 : 온도조절 : 가열 → 스팀코일(0.1 MPa 스팀)
냉각 → 쟈킷

(3) 안전장치 : 이상반응으로 인한 과압 방출용 파열판의 설치 및 토출배관이 스크러버와 연결

2.4 기타사항

(1) 반응기 내부는 질소(N_2) 봉입 상태에서 운전한다.
(2) 진공은 이젝터(Ejector)로 하며 이젝터의 배출가스는 소각로에서 소각 처리한다.
(3) 실링(Sealing)용 질소는 고압가스용기에서 압력조절기 및 안전밸브를 거쳐 반응기로 공급된다.
(4) 공정도면은 <부록 그림 1>을 참조한다.

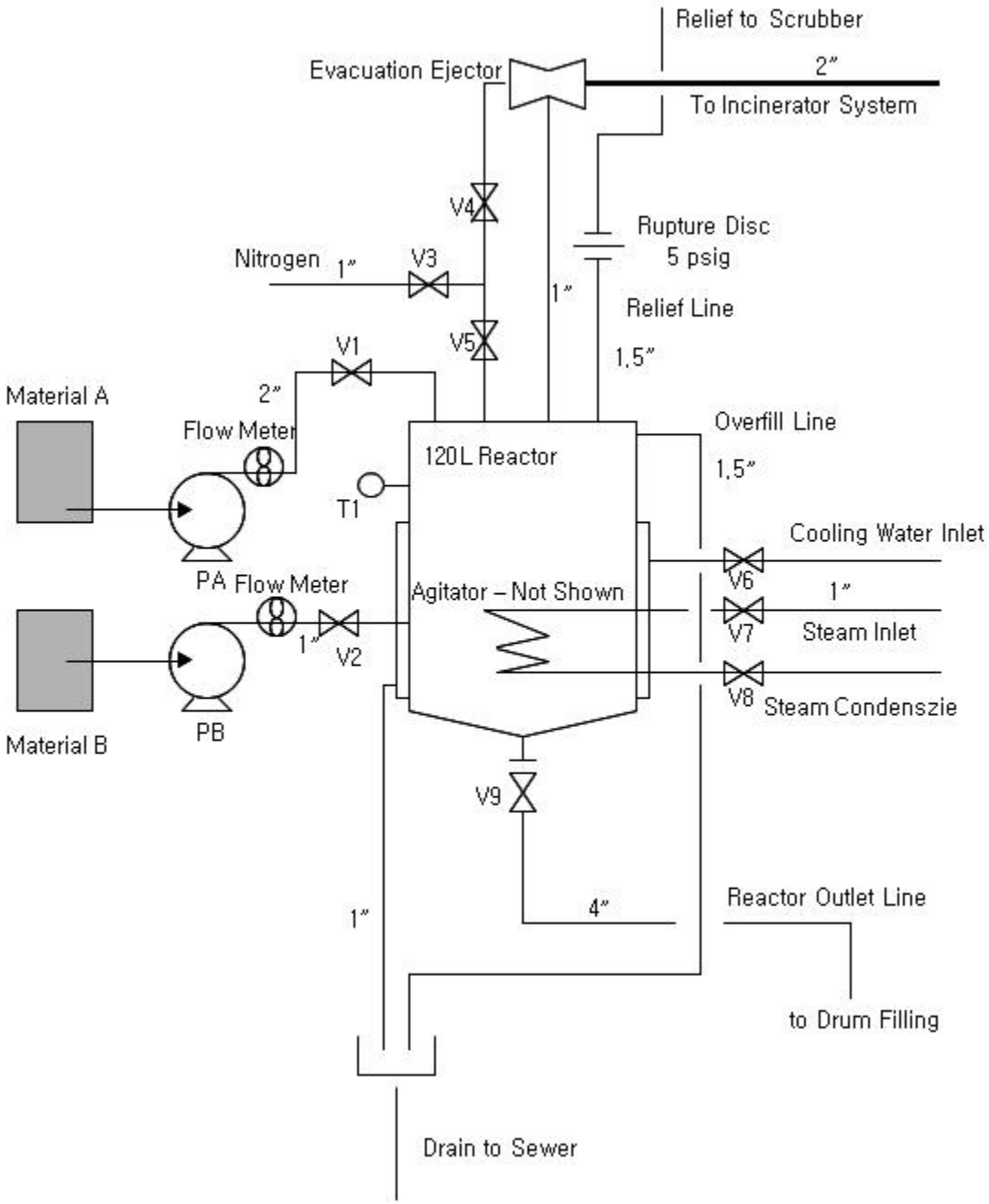
3. 평가진행

3.1 설비운전상태 조합표를 작성하여 각 설비의 운전상태를 이해한다.
<부록 표 1 참조>

3.2 단계·검토구간 조합표를 작성하여 검토대상을 단순화하고, 단계별 검토구간 가이드워드 정보표를 작성한다.
<부록 표 2, 3 참조>

3.3 각 단계별 검토구간으로(총 검토 개수 : 6단계 × 8구간 = 48) 회분식 공정의 이탈의 행렬표(48매)를 작성하여 이탈을 파악한다.
<부록 표 4, 5 참조>

3.4 회분식 공정의 이탈의 행렬 상에서 파악된 각 이탈에 따른 원인, 결과 및 개선권고사항 등을 기술하여 위험성평가 결과 기록지를 작성한다.
<부록 표 6, 7 참조>



<부록 그림 1> 공정도면 (회분식 HAZOP 사례)

<부록 표 1> 평가결과

설비운전상태 조합표(Facility status matrix)

설비 / 단계	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	P_A	P_B	AGT
A 주입, 교반	O	C	O	C	O	C	O	O	C	On	Off	On
B 주입, 교반	C	O	O	C	O	C	O	O	C	Off	On	On
반응, 교반, 가열	C	O	O	C	O	C	O	O	C	Off	Off	On
반응, 교반, 냉각	C	C	O	C	O	O	C	C	C	Off	Off	On
반응, 교반, 냉각 용제 제거	C	C	O	O	C	O	C	C	C	Off	Off	On
반응물 이송	C	C	O	C	O	C	C	C	O	Off	Off	Off

주) : 1) O는 Open(열림)을 뜻한다.
2) C는 Close(닫힘)를 뜻한다.

<부록 표 2> 평가결과

단계・검토구간 조합표(Step/Node matrix)

검토구간 / 단계	A 주입 배관	B 주입 배관	반응기	가열	냉각	제품 이송 배관	질소 이젝터	질소 퍼지
A 주입, 교반	O	×	O	O	×	×	×	O
B 주입, 교반	×	O	O	O	×	×	×	O
반응, 교반, 가열	×	×	O	O	×	×	×	O
반응, 교반, 냉각	×	×	O	×	O	×	×	O
반응, 교반, 냉각, 용제 제거	×	×	O	×	O	×	O	×
반응물 이송	×	×	O	×	×	O	×	O

주) : 1) O는 관련설비가 '운전 중' 임을 뜻한다.
2) ×는 관련설비가 '운전되고 있지 않음'을 뜻한다.

<부록 표 3>

단계별 검토구간 가이드워드 정보표

검토구간		공정변수	설계의도	가 이 드 워 드							
번호	설 명			없음	증가	감소	반대	부가	부분	기타	회분식 기타
1-1	A 주입단계 A 주입배관	유량	80ℓ/Batch	O	O	O	×	×	×	×	×
		온도	상온	×	O	O	×	×	×	×	×
1-2	A 주입단계 B 주입배관	유량	0/Batch	×	×	×	×	×	×	×	O
1-3	A 주입단계 반응기	시간	10분	O	O	O	×	×	×	×	×
		시퀀스	-	O	O	O	O	O	O	O	×

<부록 표 4> 평가결과

단계별 검토구간 1-1 : A주입 - A주입배관

회분식 공정의 이탈의 행렬표(Deviation chart)

공정변수	가 이 드 워 드								
	증가	감소	없음	반대	부분	부가	대체	기타	회분식 기타
유량	O	O	O						
압력		O	O						
온도		O	O						
혼합			O						
액면		O	O						
반응									
시간		O	O						
시퀀스									
조성									
상(Phase)									

<부록 표 5> 평가결과

단계별 검토구간 1-2 : A주입 - B주입배관

회분식 공정의 이탈의 행렬표(Deviation chart)

공정변수	가 이 드 워 드								
	증가	감소	없음	반대	부분	부가	대체	기타	회분식 기타
유량									O
압력									
온도									
혼합									
액면									
반응									
시간									
시퀀스									
조성									
상(Phase)									

<부록 표 6> 평가결과

위험성평가 결과 기록지

공정 : ××　　검토일 : 2017. 3. 31

도면 : ××××　　쪽수 : 1/1

단계별 검토구간 : 1-1 (A주입 - A주입배관)

이 탈	원 인	결 과	현재 안전조치	위험 등급	개선권고사항
유량증가	V1밸브 완전개방	위험상황 없음	해당없음	-	
유량감소	V1밸브 중간잠김	주입시간 과다	해당없음	-	운전표준에 기술하고 교육
유량없음 (계속)	V1밸브 완전잠김	원료투입 중단	없음	2	

주) 검토구간 1-1의 회분식 공정의 이탈의 행렬 내의 모든 이탈을 결과 기록지에 표시

<부록 표 7> 평가결과

위험성평가 결과 기록지

공정 : ××　　검토일 : 2017. 3. 31

도면 : ××××　　쪽수 : 1/1

단계별 검토구간 : 1-2 (A주입 - B주입배관)

이 탈	원 인	결 과	현재 안전조치	위험 등급	개선권고사항
비정상유체	V2밸브열림	이상반응 스크러버	파열판	3	운전표준에 기술하고 교육
(계속)					

주) 검토구간 1-2의 회분식 공정의 이탈의 행렬 내의 모든

기술지원규정 개정 이력

□ 개정일 : 2026. 1. 30.

○ 개정자 : 한국산업안전보건공단 전문기술실

○ 개정사유 : 확인(체계정비)

○ 주요 개정내용

- 항목4(법적 필수사항) 추가
- 국문 명칭(기술지침→기술지원규정) 개정

KOSHA GUIDE
기술지원규정

·규정번호 : C-C-41-2026
·심　　의 : 산업안전보건표준제정위원회
·공 표 일 : 2026. 1. 30.