



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년03월17일
 (11) 등록번호 10-1717560
 (24) 등록일자 2017년03월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G06Q 50/04 (2012.01) G01N 17/00 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 G06Q 50/04 (2013.01)
 G01N 17/00 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2015-0067538
 (22) 출원일자 2015년05월14일
 심사청구일자 2015년05월14일
 (65) 공개번호 10-2016-0134096
 (43) 공개일자 2016년11월23일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2008281355 A
 KR1020050009009 A
 KR1020140051568 A

(73) 특허권자
명지대학교 산학협력단
 경기도 용인시 처인구 명지로 116 (남동, 명지대학교)
 (72) 발명자
김태욱
 경기도 용인시 수지구 심곡로 81, 상현리 삼성쉐르빌 101-402 (상현동, 상현리삼성쉐르빌)
장서일
 경기도 용인시 수지구 대지로 19, 103동 903호(죽전동, 수지1차길훈아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
특허법인네이트

전체 청구항 수 : 총 10 항

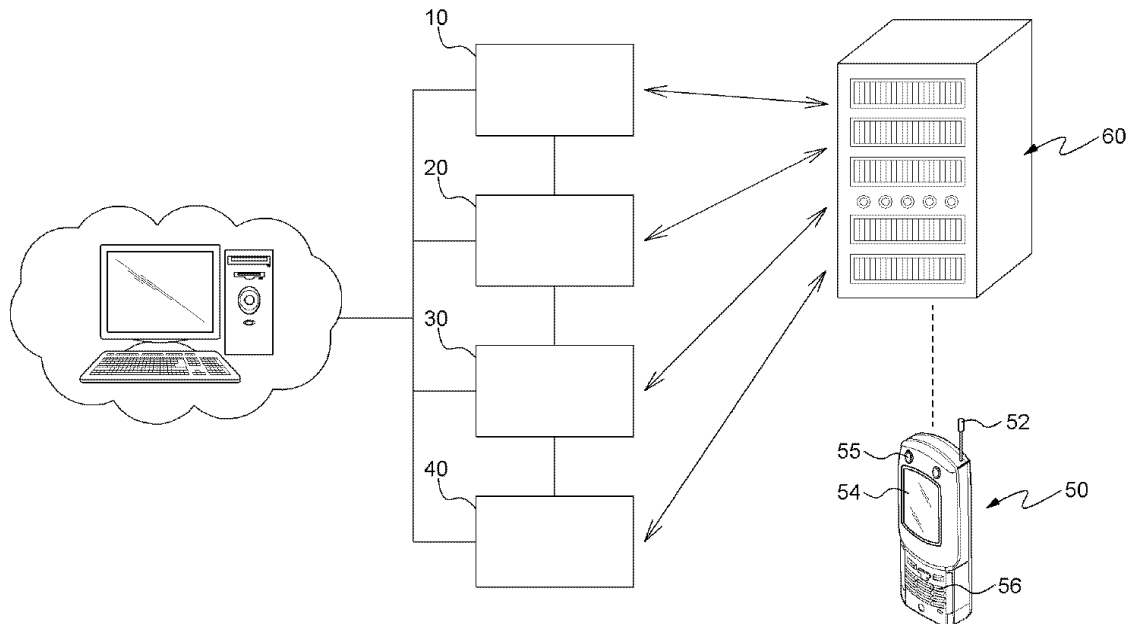
심사관 : 심송학

(54) 발명의 명칭 부식 위험 관리 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 부식 위험 관리 시스템 및 방법에 관한 것이다. 본 발명은 설비의 부식 위험도를 평가하는 부식 위험성 평가 틀; 상기 부식 위험성 평가 틀에서 평가된 부식 위험도에 기초하여 부식 위험등급을 평가하는 부식 위험등급 평가 틀; 상기 부식 위험등급 평가 틀에서 평가된 부식 위험등급을 사업장 내에 설치된 설비와 매칭시켜 목 (뒷면에 계속)

대표도



특화하는 설비-위험등급 매칭 툴; 설비의 잔여 수명을 평가하는 잔여 수명 평가 툴; 사업장 내의 설비가 설치된 위치에서 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 실시간으로 확인할 수 있는 휴대용 단말기; 및 상기 설비-위험등급 매칭 툴, 잔여 수명 평가 툴 및 휴대용 단말기와 연동되고, 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 상기 휴대용 단말기에 송신하는 메인 서버를 포함하는 부식 위험 관리 시스템 및 이를 이용한 부식 위험 관리 방법을 제공한다. 본 발명에 따르면, 설비의 부식 위험성을 휴대용 단말기를 통해 각 설비의 설치 위치에서 실시간으로 확인할 수 있어, 부식으로 인한 사고를 효과적으로 예방하고 사고 피해를 최소화할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G06Q 50/10 (2015.01)

(72) 발명자

김영란

경기도 용인시 처인구 명지로 116 명지대학교 공학관 327호

신서윤

경기도 용인시 처인구 명지로 116 명지대학교 공학관 327호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20132010500050

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 에너지기술개발사업

연구과제명 고압 독성가스 사고피해 기반 안전관리 기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국가스안전공사 가스안전연구원

연구기간 2014.10.01 ~ 2015.09.30

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

설비의 부식 위험도를 평가하는 부식 위험성 평가 틀;

상기 부식 위험성 평가 틀에서 평가된 부식 위험도에 기초하여 부식 위험등급을 평가하는 부식 위험등급 평가 틀;

상기 부식 위험등급 평가 틀에서 평가된 각 설비의 부식 위험등급과 사업장 내에 설치된 각 설비를 매칭시켜, 각 설비별 부식 위험등급을 목록화하는 설비-위험등급 매칭 틀;

설비의 잔여 수명을 평가하는 잔여 수명 평가 틀;

사업장 내의 설비가 설치된 위치에서 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 실시간으로 확인할 수 있는 휴대용 단말기; 및

상기 설비-위험등급 매칭 틀 및 잔여 수명 평가 틀로부터 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 수신하고, 상기 수신된 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 상기 휴대용 단말기에 송신하며, 상기 설비-위험등급 매칭 틀에서 수신된 각 설비별 부식 위험등급을 실시간으로 확인할 수 있는 메인 서버를 포함하고,

상기 휴대용 단말기는,

상기 메인 서버와의 통신을 위한 송/수신부;

상기 송/수신부를 통해 메인 서버로부터 송신된 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 표시하는 표시부; 및

각 설비의 인식 정보를 입력할 수 있는 정보 입력부를 포함하며,

사업장 내의 해당 설비(부식의 정도를 알아보고자 하는 설비)가 설치된 위치에서, 상기 정보 입력부에 해당 설비의 인식 정보를 입력하여 상기 표시부를 통해 해당 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 실시간으로 확인할 수 있는 것을 특징으로 하는 부식 위험 관리 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 부식 위험성 평가 틀은,

설비 정보와 부식률(mpy) 정보가 입력되는 정보 입력부;

상기 정보 입력부를 통해 입력된 설비 정보와 부식률(mpy) 정보를 저장하여 데이터베이스화하는 데이터베이스부; 및

상기 데이터베이스부에 저장된 설비 정보와 부식률(mpy) 정보로부터 부식 위험도를 산출하는 수치 연산부를 포함하는 것을 특징으로 하는 부식 위험 관리 시스템.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 잔여 수명 평가 틀은 설비의 부식률(mpy)을 이용하여 잔여 수명을 평가하는 것을 특징으로 하는 부식 위험 관리 시스템.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 부식 위험 관리 시스템은 독성가스 시설을 대상으로 하는 것을 특징으로 하는 부식 위험 관리 시스템.

청구항 7

제3항에 따른 부식 위험 관리 시스템을 이용하고,

사업장 내의 해당 설비(부식의 정도를 알아보고자 하는 설비)가 설치된 위치에서 해당 설비의 인식 정보를 휴대용 단말기를 통해 메인 서버로 송신하는 설비 인식 정보 송신 단계; 및

상기 메인 서버로부터 해당 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 상기 휴대용 단말기를 통해 수신하여, 상기 수신된 해당 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 상기 휴대용 단말기에서 실시간으로 확인하는 부식 위험 정보 확인 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 부식 위험 관리 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 설비 인식 정보 송신 단계는, 휴대용 단말기와 사업장의 시설 배치도를 휴대한 관리자가 사업장 내의 해당 설비가 설치된 위치에서 시설 배치도에 표기된 해당 설비의 고유 코드를 휴대용 단말기의 정보 입력부에 입력하여 해당 설비의 인식 정보를 메인 서버로 송신하는 것을 특징으로 하는 부식 위험 관리 방법.

청구항 9

제3항에 따른 부식 위험 관리 시스템을 이용하고,

설비의 부식 위험도를 평가하는 부식 위험성 평가 단계;

상기 부식 위험성 평가 단계에서 평가된 부식 위험도에 기초하여 부식 위험등급을 평가하는 부식 위험등급 평가 단계;

상기 부식 위험등급 평가 단계에서 평가된 각 설비의 부식 위험등급과 사업장 내에 설치된 각 설비를 매칭시켜, 각 설비별 부식 위험등급을 목록화하는 설비-위험등급 매칭 단계;

설비의 잔여 수명을 평가하는 잔여 수명 평가 단계;

사업장 내의 해당 설비(부식의 정도를 알아보고자 하는 설비)가 설치된 위치에서 해당 설비의 인식 정보를 휴대용 단말기를 통해 메인 서버로 송신하는 설비 인식 정보 송신 단계; 및

상기 메인 서버로부터 해당 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 상기 휴대용 단말기를 통해 수신하여, 상기 수신된 해당 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 상기 휴대용 단말기에서 실시간으로 확인하는 부식 위험 정보 확인 단계를 포함하고,

상기 설비-위험등급 매칭 단계는 사업장의 시설 배치도를 참고하되, 시설 배치도에 표기된 각 설비의 고유 코드와 각 설비의 부식 위험등급을 매칭시켜, 각 설비별 부식 위험등급을 목록화하며,

상기 설비 인식 정보 송신 단계는, 휴대용 단말기와 사업장의 시설 배치도를 휴대한 관리자가 사업장 내의 해당 설비가 설치된 위치에서 시설 배치도에 표기된 해당 설비의 고유 코드를 휴대용 단말기의 정보 입력부에 입력하

여 해당 설비의 인식 정보를 메인 서버로 송신하는 것을 특징으로 하는 부식 위험 관리 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 부식 위험 관리 방법은 독성가스 시설을 대상으로 하는 것을 특징으로 하는 부식 위험 관리 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 부식 위험성 평가 단계는,

미국석유학회(API)의 위험기반검사(RBI) 절차서인 API-581을 근거로 하되,

- 1) 설비의 누출공 크기를 선정하는 단계;
- 2) 독성가스의 누출량을 산출하는 단계;
- 3) 독성가스의 누출속도를 산출하는 단계;
- 4) 독성가스의 누출지속시간을 기준으로 누출 유형을 결정하는 단계;
- 5) 완화시스템 등급을 결정하는 단계; 및
- 6) CCPS(Center for Chemical Process Safety)에서 제시한 분산모델을 적용하여 사고 피해영역을 산출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 부식 위험 관리 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 부식 위험성 평가 단계는,

- a) 부식사고 가능성을 평가하는 단계;
- b) 부식사고 결과를 평가하는 단계; 및
- c) 상기 a)와 b)에서 평가된 결과를 이용하여 부식 위험도를 수치로 산출하는 단계를 포함하고,

상기 b) 부식사고 결과를 평가하는 단계는,

미국석유학회(API)의 위험기반검사(RBI) 절차서인 API-581을 근거로 하되,

- 1) 설비의 누출공 크기를 선정하는 단계;
- 2) 독성가스의 누출량을 산출하는 단계;
- 3) 독성가스의 누출속도를 산출하는 단계;
- 4) 독성가스의 누출지속시간을 기준으로 누출 유형을 결정하는 단계;
- 5) 완화시스템 등급을 결정하는 단계; 및
- 6) CCPS(Center for Chemical Process Safety)에서 제시한 분산모델을 적용하여 사고 피해영역을 산출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 부식 위험 관리 방법.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 부식 위험 관리 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 고압 독성가스 관련 시설이나 정유 공장 및 석유 화학 공장 등의 플랜트(plant) 설비에서 부식의 위험성을 체계적이고 실시간으로 관리할 수 있도록 하여, 부식으로 인한 사고를 예방하고 사고 피해를 최소화할 수 있는 부식 위험 관리 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 고압 독성가스 관련 시설이나 정유 공장 및 석유 화학 공장 등의 플랜트(plant) 설비는 부식(corrosion)에 노출되어 있다. 부식은 자연 환경에 의해서도 발생하지만, 대부분의 경우 해당 플랜트 설비에서 취급하는 독성가스(toxic gas), 가연성의 탄화수소, 강산 및 강염기 등의 부식성 물질이 원인이 되고 있으며, 이들 부식성 물질은 또한 해당 플랜트 설비의 부식률을 증가시킨다. 이에 따라, 거의 모든 산업 분야의 사업장 내에 설치된 플랜트 설비의 부식은 피할 수 없는 현상이며, 이는 결과적으로 플랜트 설비의 운전비용 및 보수비용 등을 증가시킨다.

[0003] 일반적으로, 재료 선정(material selection), 디자인 변경(design changes), 공정 변경(process changes), 부식 억제제(corrosion inhibitor), 보호 코팅(protective coating) 및 내화 라이닝(refractory lining) 등의 수단을 통해 부식을 방지하고 있다.

[0004] 그러나 국내는 물론 국외에서도 부식으로 인한 고압 독성가스의 누출, 화재 및 폭발 등의 사고는 빈번하게 일어나고 있으며, 이로 인한 경제적 및 인적 피해는 심각한 상황이다. 종래, 사업장 대부분의 경우, 부식의 위험성 및 관리에 대한 체계는 정립되어 있지 않고, 현장에서 작업자(관리자)의 주관적인 판단을 기초로 하기 때문에 부식사고의 위험에 노출되어 있었다.

[0005] 이에, 최근에는 부식의 위험성을 관리하고, 부식으로 인한 사고를 예방하기 위한 부식 위험 관리의 필요성이 대두되어, 이에 대한 연구 및 기술이 일부에서 시도되었다. 예를 들어, 미국 공개특허 US2008-0257782호, 대한민국 등록특허 10-1084637호 및 대한민국 등록특허 제10-1404925호 등에서는 정유 공장 및 석유 화학 공장에서 발생하는 부식에 대한 위험성을 관리 및 부식을 방지하기 위한 기술을 제시하였다.

[0006] 상기 선행 특허문헌들에 제시된 바와 같이, 공장 내의 시설 배치도(공정흐름도) 및 플랜트 설비의 정보(설비의 종류, 재질, 사용 이력, 운전 데이터 등등) 등을 기초로 하여 플랜트 설비의 부식 위험성을 평가(진단)할 수 있다. 일반적으로, 정유 공장이나 석유 화학 공장의 경우, 부식 위험성 평가는 미국석유학회(American Petroleum Institute, API)에서 개발한 위험기반검사(Risk Based Inspection, RBI) 절차서인 API-571, API-580 및 API-581 등의 자료를 근거(참고)로 하여 산출될 수 있다.

[0007] 그러나 상기 선행 특허문헌들을 포함하는 종래 기술은 체계적이고 실질적인 부식 위험 관리 방법으로 보기는 어렵다. 즉, 종래 기술에 따른 부식 위험 관리 방법은 부식에 영향을 주는 주요 변수를 도출하여 부식의 위험성을 예측하는 정도로서, 이는 부식의 위험성을 각 플랜트 설비의 위치별로 체계적으로 관리하거나, 현장 사정에 입각하여 실시간으로 관리하기 어려운 문제점이 있다.

[0008] 한편, 부식으로 인한 사고 중에서도 고압 독성가스의 누출로 인한 사고는 매우 심각하다. 예를 들어, 국내에서는 최근 2012년 구미 불화수소 누출사고(사망 5명, 부상 18명)를 시작으로, 2013년에는 청주산단내 휴대부품 제조업체와 삼성전자 화성 반도체공장에서 불화수소 누출사고, 청주산단내 SK닉스, 안산반월산단 및 삼성정밀화학 울산공장 등에서 발생한 염소가스 누출사고 등과 같은 독성가스 사고가 빈번하게 발생되었다.

[0009] 상기 사례들에서와 같이, 독성가스 누출사고는 인명 피해 및 경제적 피해 등에서 피해 규모가 매우 클 뿐만 아니라 사회적인 불안감까지도 조성하고 있다. 일반적으로, 독성가스 누출사고는 부식이 주원인이며, 대부분의 경우 탱크나 파이프 이음관 등에서의 내부 부식이 원인인 것으로 보고되고 있다.

[0010] 그러나 고압 독성가스 관련 시설에서 부식에 대한 위험성 평가(부식 사고결과 분석) 및 관리 예방에 대한 방법은 현재까지 제시된 바 없는 실정이다. 즉, 상기 선행 특허문헌들을 포함하는 종래 기술에 따른 부식 위험 관리 방법은 정유 공장이나 석유 화학 공장을 대상으로 하고 있으며, 이는 독성가스에 의해 부식이 발생하는 고압 독성가스 관련 시설을 대상으로 적용하기에는 어렵고 신뢰성이 떨어지는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 미국 공개특허 US2008-0257782호
- (특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 10-1084637호
- (특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 제10-1404925호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 이에, 본 발명은 부식에 대한 위험성 및 관리를 체계적으로 확립하고, 부식의 위험성을 각 플랜트 설비의 설치 위치별(즉, 화학 공장 내에 설치된 위치에서)로 현장에서 실시간으로 확인할 수 있게 하여, 부식으로 인한 사고를 효과적으로 예방 및 사고 피해를 최소화할 수 있는 부식 위험 관리 시스템 및 방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.
- [0013] 또한, 본 발명은 종래 시도되지 않았던 것으로서, 고압 독성가스 시설을 대상으로 하여 독성가스 사고의 주요원인 중의 하나인 부식에 대한 위험성 평가 방법(사고 결과분석 방법)을 확립하고, 이를 토대로 하여 독성가스 시설의 부식으로 인한 위험을 최소화하는데 필요한 안전기술을 정립할 수 있는 부식 위험 관리 시스템 및 방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은,
- [0015] 설비의 부식 위험도를 평가하는 부식 위험성 평가 틀;
- [0016] 상기 부식 위험성 평가 틀에서 평가된 부식 위험도에 기초하여 부식 위험등급을 평가하는 부식 위험등급 평가 틀;
- [0017] 상기 부식 위험등급 평가 틀에서 평가된 부식 위험등급을 사업장 내에 설치된 설비와 매칭시켜 목록화하는 설비-위험등급 매칭 틀;
- [0018] 설비의 잔여 수명을 평가하는 잔여 수명 평가 틀; 및
- [0019] 상기 설비-위험등급 매칭 틀 및 잔여 수명 평가 틀로부터 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 수신하여 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 확인할 수 있는 메인 서버를 포함하는 부식 위험 관리 시스템을 제공한다.
- [0020] 또한, 본 발명은,
- [0021] 설비의 부식 위험도를 평가하는 부식 위험성 평가 틀;
- [0022] 상기 부식 위험성 평가 틀에서 평가된 부식 위험도에 기초하여 부식 위험등급을 평가하는 부식 위험등급 평가 틀;
- [0023] 상기 부식 위험등급 평가 틀에서 평가된 부식 위험등급을 사업장 내에 설치된 설비와 매칭시켜 목록화하는 설비-위험등급 매칭 틀;
- [0024] 설비의 잔여 수명을 평가하는 잔여 수명 평가 틀;
- [0025] 사업장 내의 설비가 설치된 위치에서 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 실시간으로 확인할 수 있는 휴대용 단말기; 및
- [0026] 상기 설비-위험등급 매칭 틀 및 잔여 수명 평가 틀로부터 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 수신하고, 상기 수신된 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 상기 휴대용 단말기에 송신하는 메인 서버를 포함하는 것

을 특징으로 하는 부식 위험 관리 시스템을 제공한다.

- [0027] 본 발명의 실시 형태에 따라서, 상기 부식 위험성 평가 틀은,
- [0028] 설비 정보와 부식률(mpy)가 입력되는 정보 입력부;
- [0029] 상기 정보 입력부를 통해 입력된 설비 정보와 부식률(mpy) 정보로부터 설비 데이터와 부식률(mpy) 데이터를 저장하여 데이터베이스화하는 데이터베이스부; 및
- [0030] 상기 데이터베이스부에 저장된 설비 데이터와 부식률(mpy) 데이터부터 부식 위험도를 산출하는 수치 연산부를 포함한다.
- [0031] 본 발명의 실시 형태에 따라서, 상기 휴대용 단말기는,
- [0032] 상기 메인 서버와의 통신을 위한 송/수신부;
- [0033] 상기 송/수신부를 통해 메인 서버로부터 송신된 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 표시하는 표시부; 및
- [0034] 각 설비의 인식 정보를 입력할 수 있는 정보 입력부를 포함한다.
- [0035] 또한, 본 발명은,
- [0036] 상기 본 발명에 따른 부식 위험 관리 시스템을 이용하고,
- [0037] 사업장 내의 해당 설비가 설치된 위치에서 해당 설비의 인식 정보를 휴대용 단말기를 통해 메인 서버로 송신하는 설비 인식 정보 송신 단계; 및
- [0038] 상기 메인 서버로부터 해당 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 휴대용 단말기를 통해 수신하여, 상기 수신된 해당 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 휴대용 단말기에서 확인하는 부식 위험 정보 확인 단계를 포함하는 부식 위험 관리 방법을 제공한다.
- [0039] 이에 더하여, 본 발명은,
- [0040] 설비의 부식 위험도를 평가하는 부식 위험성 평가 단계;
- [0041] 상기 부식 위험성 평가 단계에서 평가된 부식 위험도에 기초하여 부식 위험등급을 평가하는 부식 위험등급 평가 단계;
- [0042] 상기 부식 위험등급 평가 단계에서 평가된 부식 위험등급을 사업장 내에 설치된 설비와 매칭시켜 목록화하는 설비-위험등급 매칭 단계;
- [0043] 설비의 잔여 수명을 평가하는 잔여 수명 평가 단계; 및
- [0044] 사업장 내의 해당 설비가 설치된 위치에서 해당 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 휴대용 단말기를 통해 확인하는 부식 위험 정보 확인 단계를 포함하는 부식 위험 관리 방법을 제공한다.
- [0045] 또한, 본 발명은,
- [0046] 설비의 부식 위험도를 평가하는 부식 위험성 평가 단계;
- [0047] 상기 부식 위험성 평가 단계에서 평가된 부식 위험도에 기초하여 부식 위험등급을 평가하는 부식 위험등급 평가 단계;
- [0048] 상기 부식 위험등급 평가 단계에서 평가된 부식 위험등급을 사업장 내에 설치된 설비와 매칭시켜 목록화하는 설비-위험등급 매칭 단계;
- [0049] 설비의 잔여 수명을 평가하는 잔여 수명 평가 단계;
- [0050] 사업장 내의 해당 설비가 설치된 위치에서 해당 설비의 인식 정보를 휴대용 단말기를 통해 메인 서버로 송신하는 설비 인식 정보 송신 단계; 및
- [0051] 상기 메인 서버로부터 해당 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 휴대용 단말기를 통해 수신하여, 상기 수신된 해당 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 휴대용 단말기에서 확인하는 부식 위험 정보 확인 단계를 포함하는 부식 위험 관리 방법을 제공한다.
- [0052] 본 발명의 실시 형태에 따라서, 상기 사업장은 독성가스 시설을 대상으로 한다.

- [0053] 이때, 상기 부식 위험성 평가 단계는 제1구현예에 따라서,
- [0054] 미국석유학회(API)의 위험기반검사(RBI) 절차서인 API-581을 근거로 하되,
- [0055] 1) 설비의 누출공 크기를 선정하는 단계;
- [0056] 2) 독성가스의 누출량을 산출하는 단계;
- [0057] 3) 독성가스의 누출속도를 산출하는 단계;
- [0058] 4) 독성가스의 누출지속시간을 기준으로 누출 유형을 결정하는 단계;
- [0059] 5) 완화시스템 등급을 결정하는 단계; 및
- [0060] 6) CCPS(Center for Chemical Process Safety)에서 제시한 분산모델을 적용하여 사고 피해영역을 산출하는 단계를 포함한다.
- [0061] 또한, 상기 부식 위험성 평가 단계는,
- [0062] a) 부식사고 가능성을 평가하는 단계;
- [0063] b) 부식사고 결과를 평가하는 단계; 및
- [0064] c) 상기 a)와 b)에서 평가된 결과를 이용하여 부식 위험도를 수치로 산출하는 단계를 포함하고,
- [0065] 상기 b) 부식사고 결과를 평가하는 단계는,
- [0066] 미국석유학회(API)의 위험기반검사(RBI) 절차서인 API-581을 근거로 하되,
- [0067] 1) 설비의 누출공 크기를 선정하는 단계;
- [0068] 2) 독성가스의 누출량을 산출하는 단계;
- [0069] 3) 독성가스의 누출속도를 산출하는 단계;
- [0070] 4) 독성가스의 누출지속시간을 기준으로 누출 유형을 결정하는 단계;
- [0071] 5) 완화시스템 등급을 결정하는 단계; 및
- [0072] 6) CCPS(Center for Chemical Process Safety)에서 제시한 분산모델을 적용하여 사고 피해영역을 산출하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0073] 본 발명에 따르면, 설비의 부식 위험성을 휴대용 단말기를 통해 각 설비의 설치 위치에서 실시간으로 확인할 수 있다. 즉, 본 발명에 따르면, 휴대용 단말기를 통해, 각 설비가 설치된 사업장 내의 현장에서 각 설비에 대한 부식 위험 정보로서의 부식 위험등급 및 잔여 수명 등을 실시간으로 확인 및 관리할 수 있는 효과를 갖는다. 아울러, 본 발명에 따르면, 설비-위험등급 매칭을 통해, 각 설비별 부식 위험등급을 실시간으로 일목요연하게 확인할 수 있다. 이에 따라, 본 발명에 따르면, 부식 위험성을 실질적이고 체계적으로 관리하여, 부식으로 인한 사고를 효과적으로 예방하고 사고 피해를 최소화할 수 있다.
- [0074] 또한, 본 발명에 따르면, 종래 시도되지 않았던 고압 독성가스 시설을 대상으로 하여, 독성가스 사고의 주요원인 중의 하나인 부식에 대한 위험성 평가 방법(사고결과 분석방법)을 확립하고, 이를 토대로 독성가스 시설의 부식 안전관리기술을 정립하여 독성가스 시설에서의 부식으로 인한 위험을 최소화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0075] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시 형태에 따른 부식 위험 관리 시스템의 개략적인 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 예시적인 실시 형태에 따른 부식 위험 관리 시스템의 블록 구성도이다.
- 도 3은 본 발명에서 사용될 수 있는 시설 배치도의 일례를 보인 것이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따라 평가된 부식 위험도와 부식 위험등급을 예시한 것이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따라 작성된 설비별 부식 위험등급(설비-위험등급)의 매칭 목록이다.

도 6은 본 발명의 실시 형태에 따라 고압 독성가스 시설의 부식 위험성 평가를 위해 적용할 수 있는 사고 결과 분석 방법을 보인 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0076] 본 명세서에서 사용되는 용어 "및/또는"은 전후에 나열한 구성요소들 중에서 적어도 하나 이상을 포함하는 의미로 사용된다. 본 명세서에서 사용되는 용어 "하나 이상"은 하나 또는 둘 이상을 의미한다.
- [0077] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다. 첨부된 도면은 본 발명의 예시적인 실시 형태를 도시한 것으로, 이는 단지 본 발명의 이해를 돕기 위해 제공된다. 첨부된 도면에서, 각 구성요소의 영역을 명확하게 표현하기 위해 두께는 확대하여 나타낸 것일 수 있고, 도면에 표시된 두께, 크기 및/또는 비율 등에 의해 본 발명의 기술적 범위가 제한되는 것은 아니다.
- [0078] 본 발명은 부식의 위험성을 체계적이고 효율적으로 관리하여 부식으로 인한 사고를 예방 및/또는 최소화할 수 있는 부식 위험 관리 시스템 및 부식 위험 관리 방법을 제공한다. 본 발명에 따른 부식 위험 관리 방법은, 예시적인 실시 형태에 따라서 본 발명에 따른 부식 위험 관리 시스템을 통해 구현될 수 있다.
- [0079] 도 1에는 본 발명의 예시적인 실시 형태에 따른 부식 위험 관리 시스템의 개략적인 구성도가 도시되어 있다. 도 2에는 본 발명의 예시적인 실시 형태에 따른 부식 위험 관리 시스템의 블록 구성도가 도시되어 있다.
- [0080] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 부식 위험 관리 시스템은, 본 발명의 제1형태에 따라서, 설비의 부식 위험도를 평가하는 부식 위험성 평가 툴(10)과; 상기 부식 위험성 평가 툴(10)에서 평가된 부식 위험도에 기초하여 부식 위험등급을 평가하는 부식 위험등급 평가 툴(20)과; 상기 부식 위험등급 평가 툴(20)에서 평가된 부식 위험등급을 사업장 내에 설치된 설비와 매칭(matching)시켜 목록화하는 설비-위험등급 매칭 툴(30)과; 설비의 잔여 수명을 평가하는 잔여 수명 평가 툴(40)과; 상기 설비-위험등급 매칭 툴(30) 및 잔여 수명 평가 툴(40)로부터 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 수신하여 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 확인할 수 있는 메인 서버(60)를 포함한다. 이때, 상기 메인 서버(60)는 적어도 상기 설비-위험등급 매칭 툴(30) 및 잔여 수명 평가 툴(40)과 유선 및/또는 무선으로 연동되어, 상기 설비-위험등급 매칭 툴(30) 및 잔여 수명 평가 툴(40)로부터 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 수신하여 저장, 관리한다.
- [0081] 본 발명에 따른 부식 위험 관리 시스템은, 본 발명의 제2형태에 따라서, 설비의 부식 위험도를 평가하는 부식 위험성 평가 툴(10)과; 상기 부식 위험성 평가 툴(10)에서 평가된 부식 위험도에 기초하여 부식 위험등급을 평가하는 부식 위험등급 평가 툴(20)과; 상기 부식 위험등급 평가 툴(20)에서 평가된 부식 위험등급을 사업장 내에 설치된 설비와 매칭(matching)시켜 목록화하는 설비-위험등급 매칭 툴(30)과; 설비의 잔여 수명을 평가하는 잔여 수명 평가 툴(40)과; 사업장 내의 설비가 설치된 위치에서 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 실시간으로 확인할 수 있는 휴대용 단말기(50)와; 상기 설비-위험등급 매칭 툴(30) 및 잔여 수명 평가 툴(40)로부터 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 수신하고, 상기 수신된 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 상기 휴대용 단말기(50)에 송신하는 메인 서버(60)를 포함한다. 이때, 상기 메인 서버(60)는 적어도 상기 설비-위험등급 매칭 툴(30), 잔여 수명 평가 툴(40) 및 휴대용 단말기(50)와 유선 및/또는 무선으로 연동되어, 상기 설비-위험등급 매칭 툴(30) 및 잔여 수명 평가 툴(40)로부터 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 수신하여 저장, 관리하며, 상기 수신된 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 상기 휴대용 단말기(50)에 송신한다.
- [0082] 또한, 본 발명에 따른 부식 위험 관리 방법은, 본 발명의 제1형태에 따라서, 상기 본 발명에 따른 부식 위험 관리 시스템을 이용하되, 사업장 내의 해당 설비가 설치된 위치에서 해당 설비의 인식 정보를 휴대용 단말기(50)를 통해 메인 서버(60)로 송신하는 설비 인식 정보 송신 단계; 및 상기 메인 서버(60)로부터 해당 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 상기 휴대용 단말기(50)를 통해 수신하여, 상기 수신된 해당 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 상기 휴대용 단말기(50)에서 확인하는 부식 위험 정보 확인 단계를 포함한다.
- [0083] 본 발명에 따른 부식 위험 관리 방법은, 본 발명의 제2형태에 따라서, 설비의 부식 위험도를 평가하는 부식 위험성 평가 단계; 상기 부식 위험성 평가 단계에서 평가된 부식 위험도에 기초하여 부식 위험등급을 평가하는 부식 위험등급 평가 단계; 상기 부식 위험등급 평가 단계에서 평가된 부식 위험등급을 사업장 내에 설치된 설비와 매칭시켜 목록화하는 설비-위험등급 매칭 단계; 설비의 잔여 수명을 평가하는 잔여 수명 평가 단계; 및 사업장 내의 해당 설비가 설치된 위치에서 해당 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 휴대용 단말기(50)를 통해 확인

하는 부식 위험 정보 확인 단계를 포함한다.

- [0084] 본 발명에 따른 부식 위험 관리 방법은, 본 발명의 제3형태에 따라서, 설비의 부식 위험도를 평가하는 부식 위험성 평가 단계; 상기 부식 위험성 평가 단계에서 평가된 부식 위험도에 기초하여 부식 위험등급을 평가하는 부식 위험등급 평가 단계; 상기 부식 위험등급 평가 단계에서 평가된 부식 위험등급을 사업장 내에 설치된 설비와 매칭시켜 목록화하는 설비-위험등급 매칭 단계; 설비의 잔여 수명을 평가하는 잔여 수명 평가 단계; 사업장 내의 해당 설비가 설치된 위치에서 해당 설비의 인식 정보를 휴대용 단말기(50)를 통해 메인 서버(60)로 송신하는 설비 인식 정보 송신 단계; 및 상기 메인 서버(60)로부터 해당 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 상기 휴대용 단말기(50)를 통해 수신하여, 상기 수신된 해당 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 상기 휴대용 단말기(50)에서 확인하는 부식 위험 정보 확인 단계를 포함한다.
- [0085] 일반적으로, 거의 모든 산업 분야의 사업장은, 사업장 내의 시설(설비)을 도시적으로 나타낸 시설 배치도(= 공장 배치도)를 작성하여 구비하고 있다. 이러한 시설 배치도의 예로서, 대부분의 사업장은 공정흐름도 및/또는 P&ID(Pipe & Instrument Diagram) 등을 구비하고 있다.
- [0086] 도 3은 시설 배치도의 일례를 보인 것으로서, 이는 임의의 어떤 사업장에 구비될 수 있는 P&ID의 일부를 예시한 것이다. 본 발명은, 예시적인 실시 형태에 따라서 위와 같은 시설 배치도(P&ID 등)를 참조하여 구현될 수 있다. 즉, 본 발명은 기존에 구비된 시설 배치도(공정흐름도 및 P&ID 등)를 사용하는 단계를 포함하거나, 본 발명의 실시 구현을 위해 시설 배치도(공정흐름도 및 P&ID 등)를 작성하여 사용하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0087] 본 발명에서 사용되는 용어의 의미는 다음과 같다.
- [0088] 본 발명에서 "사업장"은, 부식이 발생하는 곳, 및/또는 부식에 의한 사고가 우려(예측)되는 곳으로서, 이는 특별히 제한되지 않는다. 본 발명에서 "사업장"은, 예를 들어 고압 독성가스 관련 시설, 정유 공장, 석유 화학 공장, 섬유 공장, 피혁 공장, 및 환경 관련 시설(폐기물 처리 시설 등) 등과 같은 시설이나 공장 등을 포함하나, 이들에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0089] 본 발명에서 "설비"는 위와 같은 사업장(시설이나 공장 등) 내에 설치된 개개의 단위 설비(장치나 부품 등), 및/또는 상기 단위 설비들의 조립체로서의 통상적인 용어 '플랜트(plant)'의 개념을 포함하는 의미로 사용된다. 구체적으로, 본 발명에서 "설비"는, 예를 들어 배관(파이프), 플랜지, 밸브, 압축기, 압력용기, 펌프, 필터기(여과기), 증류탑, 흡수탑, 스트리퍼, 열교환기, 재열기(reboiler), 응축기, 발전기, 프로브, 송풍기, 반응기 및 저장탱크 등의 단위 설비(장치나 부품 등); 및/또는 이러한 단위 설비들이 하나 이상 조합된 '플랜트'를 포함하는 의미로 사용되며, 또한 부식과 관련한 당업계에서 통상적으로 사용되는 용어 '인벤토리 그룹(inventory group)'의 의미를 포함할 수 있다.
- [0090] 본 발명에서 "평가"는 당업계에서 통상적으로 사용되는 '평가(assessment)'의 의미는 물론 '판단', '예측', '진단', '계산', '연산', '산출' 및/또는 '추출' 등의 의미를 포함한다.
- [0091] 본 발명에서 "해당 설비"는 부식의 정도를 알아보고자 하는 설비로서, 이는 해당 사업장 내의 현장에 설치된 특정의 설비를 의미한다. 상기 해당 설비를 도 3에서 도면부호 "P"로 표시하여 예시하였다. 또한, 본 발명에서 사용되는 용어, "각 설비"는, 경우에 따라서 상기 해당 설비(P)의 의미를 포함할 수 있다.
- [0092] 본 발명에서 "관리자"는 본 발명에 따른 시스템 및 방법을 사용하는 자, 각 사업자의 안전관리 점검자, 및/또는 각 사업장의 현장에서 안전관리를 확인(수행)하는 자 등으로서, 구체적인 예를 들어 상기 휴대용 단말기(50)를 휴대하는 자, 및/또는 상기 메인 서버(60)를 관리하는 자 등이다.
- [0093] 또한, 본 발명에서 "사업장 내의 해당 설비가 설치된 위치"는 상기 해당 설비(P)(= 부식의 정도를 알아보고자 하는 설비)가 설치된 사업장 내의 특정 장소(현장)로서, 이는 휴대용 단말기(50)를 휴대하고 사업장을 돌아다니면서 부식의 정도를 알아보고자 하는 관리자의 위치가 될 수 있다.
- [0094] 이하, 본 발명에 따른 부식 위험 관리 방법의 각 단계별 예시적인 실시 형태의 설명을 통하여, 본 발명에 따른 부식 위험 관리 시스템의 예시적인 실시 형태를 함께 설명한다. 이하, 본 발명의 예시적인 실시 형태를 설명함에 있어서, 관련된 공지의 범용적인 기능 및/또는 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0095] [1] 부식 위험성 평가 단계 / 부식 위험성 평가 툴(10)
- [0096] 사업장에 설치된 설비, 즉 사업장 내에서 부식이 우려되는 설비에 대하여 부식 위험도(위험성)(Risk)을 평가(산

출)한다. 부식 위험도(Risk)는 사업장의 관리자에 따라 임의의 방법으로 평가(산출)될 수 있으며, 이는 하나의 예시에서 수치로 평가(산출)될 수 있다. 도 4에는 본 발명의 실시예에 따라 수치로 평가(산출)된 부식 위험도의 결과가 예시되어 있다.

[0097] 본 발명에서, 부식 위험도를 평가하는 방법은 특별히 제한되지 않는다. 상기 부식 위험도는, 예를 들어 통상적인 방법을 통해 평가될 수 있다. 상기 부식 위험도는 당업계에서 부식 관련하여 참고할 수 있는 자료로서, 이는 예를 들어 미국석유학회(American Petroleum Institute, 이하, "API"라 함)에서 개발한 위험기반검사(Risk Based Inspection, RBI) 절차서인 API-571, API-580 및/또는 API-581 등의 자료를 근거(참고)로 하여 평가하거나, 화학공정안전센터(Center for Chemical Process Safety, CCPS) 및/또는 미국부식공업회(NACE) 등에서 작성한 기준(방법)을 근거(참고)로 하여 평가할 수 있다. 예를 들어, 설비의 종류, 설비의 재질, 설비의 사용 이력, 설비의 운전 데이터 및/또는 유체명(부식성 물질) 등의 정보를 포함하는 설비 정보(data)를 통해 API-571, API-580 및/또는 API-581 등의 자료를 근거(참고)로 하여 부식 위험도를 수치적으로 평가(산출)할 수 있다.

[0098] 또한, 상기 부식 위험도는, 하나의 예시에서 아래의 수학적식을 통해 수치적으로 평가(산출)될 수 있다.

[0099] [수학적식]

[0100] $R = F \times C$

[0101] 상기 수학적식에서, R은 부식 위험도이고, F는 부식사고 가능성을 나타내는 평가지수(부식사고 가능성 평가지수)이며, C는 부식사고 결과(영향)를 나타내는 평가지수(부식사고 결과 평가지수)이다. 상기 수학적식에서, F와 C는 임의의 수치로서, 이들은 임의로 정해질 수 있다. 하나의 예시에서, 상기 F는 부식사고의 가능성으로서, 이는 1년을 기준으로 연간 1회, 2회, 3회 n회 등의 회수로 평가(예측)하여 나타내어질 수 있다. 그리고 상기 C는 부식사고의 결과(영향)로서, 이는 부식으로 인한 맹독 발생, 화재 발생 및 폭발 발생 등의 예상 결과에 따라 수치로 평가하여 나타내어질 수 있다.

[0102] 본 발명에서, 상기 수학적식의 F와 C는 상기 부식 데이터베이스(DB)와 자료(API-571, API-580 및/또는 API-581 등)를 이용하여 임의의 수치로 평가될 수 있으며, 이는 당업자에게는 자명할 수 있다. 즉, 설비의 부식과 관련한 당 분야의 평균적 기술자는 상기 예시한 바와 같은 설비의 종류, 설비의 재질, 설비의 사용 이력, 설비의 운전 데이터 및/또는 유체명(부식성 물질) 등의 정보를 포함하는 설비 정보와, 미국석유학회(API)에서 개발한 위험기반검사(RBI) 절차서인 API-571, API-580 및/또는 API-581 등의 자료를 이용하여 상기 수학적식의 F와 C를 설정하고, 상기 수학적식에 따라 부식 위험도(R)를 수치적으로 평가(산출)할 수 있으므로, 이에 대한 구체적인 설명은 생략한다.

[0103] 또한, 본 발명의 예시적인 실시 형태에 따라서, 상기 부식 위험도는 설비 데이터베이스(이하, "설비 DB"로 약칭한다.)와 부식률 데이터베이스(이하, "부식률 DB"로 약칭한다.)를 기초로 하여 평가(산출)될 수 있다. 구체적으로, 본 발명에서, 상기 부식 위험성 평가 단계는, 설비 DB를 구축하는 단계와, 부식률 DB를 구축하는 단계와, 상기 설비 DB 및 부식률 DB를 이용하여 부식 위험도를 평가(산출)하는 단계를 포함할 수 있다. 이때, 상기 부식 위험도를 평가(산출)하는 단계는 상기 설비 DB 및 부식률 DB에 저장된 데이터로부터 부식 위험도를 수치로 평가(산출)할 수 있다.

[0104] 상기 설비 DB는 사업장 내에 설치된 설비에 대한 설비 정보를 데이터베이스(database)화 것으로서, 상기 설비 정보는 사업장마다 다를 수 있지만, 이는 예를 들어 공정 정보, 설비 속성 정보, 설계 정보 및/또는 운전 정보를 포함할 수 있다.

[0105] 상기 공정 정보는 해당 사업장의 대상공정 이름 및/또는 유체명, 즉 각 설비들이 취급하는 공정 이름 및/또는 유체명(부식성 물질) 등을 들 수 있으며, 상기 설비 속성 정보는 각 설비의 명칭(종류), 각 설비의 기능 및/또는 각 설비의 형태 등을 들 수 있다. 그리고 상기 설계 정보는 각 설비의 재질, 두께, 설계 온도, 설계 압력, 사용 이력, 열처리(PWHT), 코팅 물질, 절연 및/또는 부식허용여유 등을 들 수 있으며, 상기 운전 정보(운전 데이터)는 각 설비의 운전 온도, 운전 압력, pH 및/또는 유체명(부식성 물질) 등을 들 수 있다.

[0106] 상기 설비 DB를 구축함에 있어서는 각 설비 정보에 따라 점수를 특정하여 매칭시킬 수 있다. 상기 설비 정보를 이용한 설비 DB의 구축은 당업자에게는 자명할 수 있으며, 이는 또한 예를 들어 해당 사업장의 시설 배치도

(P&ID 등)를 참조, 및/또는 API-571, API-580 및 API-581 등의 자료를 근거(참고)로 하여 수행할 수 있다.

- [0107] 상기 부식률 DB는 각 설비에 대한 부식률(mpy ; millimeter per year)을 데이터베이스화 것이다. 상기 부식률(mpy)은 부식의 종류 및 부식의 원인(부식성 물질, 전기적, 화학적 및/또는 환경적 요인 등) 등을 기초로 하여 수치적으로 평가된 것이다. 이러한 부식률(mpy)은 당업자에게는 자명할 수 있으며, 이는 또한 사업장에 따라 기준을 정하여 평가되거나, 당업계에서 부식률(mpy) 관련하여 참고할 수 있는 자료에 근거(참고)하여 평가될 수 있다.
- [0108] 상기 부식 위험도는 위와 같은 설비 DB와 부식률 DB를 기초로 하여 수치로 평가(산출)될 수 있다. 일례를 들어, 설비 DB를 구축함에 있어서, 공정 정보는 총 20점, 설비 정보는 총 20점, 설계 정보는 총 30점, 운전 정보는 총 30점으로서, 각 정보에 대해 총 점수를 임의로 정하고, 또한 각 정보의 세부항목(설비 명칭, 재질, 유체명 등)에 따라 세부 점수를 임의로 정하여, 설비 DB의 항목별 점수를 평가(산출)한다. 그리고 상기 설비 DB에 따른 점수와, 부식률 DB에 따른 해당 설비의 부식률(mpy)을 특정의 공식에서 연산(예, 곱셈, 나눗셈, 덧셈, 뺄셈 등)을 통하여 부식 위험도를 수치로 평가(산출)할 수 있다.
- [0109] 또한, 본 발명의 다른 예시적인 실시 형태에 따라서, 상기 부식 위험도는 상기 설비 DB 및 부식률 DB를 기초로 하여 상기 수학식의 F(부식사고 가능성 평가지수)와 C(부식사고 결과 평가지수)를 설정하고, 상기 수학식에 따라 부식 위험도(R)를 수치적으로 평가(산출)할 수 있다.
- [0110] 본 발명에 따르면, 상기 부식 위험도를 평가함에 있어서, 위와 같이 설비 DB 및 부식률 DB를 기초로 하여 평가하는 경우, 부식 위험도가 체계적이고 명확성 및 신뢰성 있게 평가될 수 있다. 구체적으로, 부식 위험도를 수치적으로 평가(산출)함에 있어서, 평가 인자로서 적어도 부식률 DB를 포함시켜 평가는 경우, 통상의 방법보다 체계적이고 명확성 및 신뢰성 등을 갖는다.
- [0111] 또한, 상기 부식 위험성 평가는, 예를 들어 본 발명에 따른 시스템을 구성하는 부식 위험성 평가 툴(10)을 통해 구현될 수 있다. 본 발명에서, 상기 부식 위험성 평가 툴(10)은 설비의 부식 위험도를 평가(산출)할 수 있는 기능을 가지면 특별히 제한되지 않는다. 상기 부식 위험성 평가 툴(10)은 부식 위험도를 수치적으로 평가할 수 있는 소프트웨어 프로그램으로부터 선택될 수 있으며, 이는 구체적으로 수치 연산 기능을 가지는 컴퓨터 등의 장치로부터 선택될 수 있다. 하나의 예시에서, 상기 부식 위험성 평가 툴(10)은 진술한 바와 같은 설비 DB 및 부식률 DB에 기초하여 부식 위험도를 수치적으로 평가할 수 있는 소프트웨어 프로그램을 포함할 수 있다.
- [0112] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 예시적인 구현예에 따라서, 상기 부식 위험성 평가 툴(10)은 부식 위험도 평가를 위한 정보를 입력할 수 있는 정보 입력부(52)와, 상기 정보 입력부(52)를 통해 입력된 정보를 저장하여 데이터베이스화하는 데이터베이스부(54)와, 상기 데이터베이스부(54)에 저장된 정보로부터 부식 위험도를 수치적으로 산출(연산)하는 수치 연산부(16)를 포함할 수 있다. 또한, 상기 부식 위험성 평가 툴(10)은, 상기 수치 연산부(16)에서 산출된 부식 위험도를 출력하는 부식 위험도 출력부(18)를 더 포함할 수 있다.
- [0113] 상기 정보 입력부(52)에는 부식 위험도를 평가하기 위한 관련 정보가 입력된다. 상기 정보 입력부(52)에는 예를 들어 상기 설비 DB의 구축을 위한 정보로서, 진술한 바와 같은 공정 정보, 설비 정보, 설계 정보 및/또는 운전 정보 등의 설비 정보가 입력될 수 있다. 아울러, 이러한 정보는 경우에 따라서 해당 사업장의 시설 배치도(P&ID 등)를 참조하여 입력될 수 있다. 또한, 상기 정보 입력부(52)에는 부식률 DB의 구축을 위한 부식률(mpy) 정보가 입력될 수 있다.
- [0114] 상기 데이터베이스부(54)는 위와 같은 설비 정보와 부식률(mpy) 정보로부터 설비 DB와 부식률 DB를 구축하여 저장한다. 상기 수치 연산부(16)는 데이터베이스부(54)에 저장된 설비 DB와 부식률 DB로부터 부식 위험도를 수치적으로 산출하며, 이는 예를 들어 상기 수학식에 준하여 산출할 수 있다.
- [0115] 또한, 본 발명의 다른 예시적인 구현예에 따라서, 상기 부식 위험성 평가 툴(10)은 부식사고 가능성 평가 모듈과 부식사고 결과 평가 모듈을 포함할 수 있으며, 이들은 앞서 언급한 바와 같다. 상기 부식사고 가능성 평가 모듈과 부식사고 결과 평가 모듈은 설비 DB와 부식률 DB에 기초하여, 상기 수학식의 F와 C를 각각 평가(산출)할 수 있다.
- [0116] 구체적으로, 상기 부식사고 가능성 평가 모듈은 설비 DB에 저장된 설비 정보를 이용하여 통상의 방법, 예를 들어 API-571, API-580 및 API-581 등의 자료를 근거(참고)로 하여, 상기 수학식의 F(부식사고 가능성 평가지수)를 사업장의 관리자에 따라 임의의 수치(연간 회수)로 평가(산출)할 수 있다. 또한, 상기 부식사고 결과 평가 모듈은 부식률 DB에 저장된 부식률(mpy) 정보를 이용하여 통상의 방법, 예를 들어 API-571, API-580 및 API-581 등의 자료를 근거(참고)로 하여, 상기 수학식의 C(부식사고 결과 평가지수)를 사업장의 관리자에 따라 임의의

수치로 평가(산출)할 수 있다.

[0117] [2] 부식 위험등급 평가 단계 / 부식 위험등급 평가 툴(20)

[0118] 상기 부식 위험성 평가 단계에서 평가된 부식 위험도에 기초하여 부식 위험등급을 평가(추출)한다. 상기 부식 위험등급은 부식 위험도를 복수의 구간으로 구분하고, 각 구간에 대해 숫자, 문자, 기호 또는 이들의 조합 등을 통해 등급화하여 평가할 수 있으며, 이는 일례를 들어 A, B, C, D 등급 등으로 평가될 수 있다.

[0119] 도 4에는 부식 위험도의 구간에 따른 부식 위험등급의 평가 결과가 예시되어 있다. 도 4를 참조하면, 상기 부식 위험도는 예를 들어 1 내지 20 범위 내의 수치로 평가될 수 있으며, 이러한 부식 위험도에 대하여 구간을 정하고, 각 구간에 대해 A, B, C, D 등급 등으로 부식 위험등급을 평가할 수 있다.

[0120] 상기 부식 위험등급의 평가는, 본 발명에 따른 시스템을 구성하는 부식 위험등급 평가 툴(20)을 통해 구현될 수 있다. 본 발명에서, 상기 부식 위험등급 평가 툴(20)은 부식 위험도에 기초하여 설정된 값에 따라 구간을 정하고, 각 구간별로 부식 위험등급을 평가할 수 있는 소프트웨어 프로그램으로부터 선택될 수 있으며, 이는 특별히 제한되지 않는다.

[0121]

[0122] [3] 설비-위험등급 매칭 단계 / 설비-위험등급 매칭 툴(30)

[0123] 상기 부식 위험등급 평가 단계에서 평가된 부식 위험등급을 사업장 내에 설치된 설비와 매칭시켜 목록화한다. 상기한 바와 같이, 도 3에는 시설 배치도의 일례로서, P&ID의 일부가 개략적으로 예시되어 있다. 또한, 도 5에는 본 발명의 실시예에 따라 작성된 것으로서, 각 설비와 부식 위험등급을 매칭시켜 목록화한 리스트(list)의 일부가 예시되어 있다.

[0124] 일반적으로, 사업장에서 보유하고 있는 공정흐름도 및 P&ID 등의 시설 배치도에는 설비의 공정 흐름, 설비 간의 연결 관계, 설비의 명칭 및/또는 설비의 재질 등과 같은 설비의 정보(속성)를 알 수 있도록 작성되고 있다. 또한, 상기 시설 배치도는 각 설비의 정보(속성)를 쉽게 알 수 있도록, 각 설비에 대해 고유 코드(인식 코드)로 표기하여 작성될 수 있다. 예를 들어, 도 3에 보인 바와 같이 각 설비에 대하여 "C-5401", "Q-5401", "S-5401" 등의 고유 코드가 작성될 수 있다.

[0125] 상기 설비-위험등급 매칭 단계에서는 도 5에 예시한 바와 같이 해당 사업장에 설치된 각 설비와, 각 설비의 부식 위험등급을 매칭시켜 목록화한다. 이때, 도 5에 예시한 바와 같이, 상기 설비-위험등급 매칭은 시설 배치도를 참조하여 각 설비의 고유 코드와 위험등급을 매칭시켜 목록화할 수 있다.

[0126] 상기 설비-위험등급의 매칭은, 본 발명에 따른 시스템을 구성하는 설비-위험등급 매칭 툴(30)을 통해 구현될 수 있다. 본 발명에서, 상기 설비-위험등급 매칭 툴(30)은 부식 위험등급 평가 툴(20)에서 평가된 부식 위험등급을 사업장 내에 설치된 각 설비와 매칭시켜 목록화할 수 있는 소프트웨어 프로그램으로부터 선택될 수 있다. 또한, 상기 설비-위험등급의 매칭 목록은, 예를 들어 후술하는 메인 서버(60)의 표시부(62)를 통해 확인될 수 있다.

[0127] 본 발명에 따르면, 위와 같은 설비-위험등급 매칭을 통하여, 각 설비에 대한 부식 위험등급을 실시간으로 일목요연하게 확인할 수 있다. 또한, 도 5를 참조하면, 고유 코드가 "S-5401"인 설비는 부식 위험등급이 높은 "D 등급"으로 확인(평가)되고 있다. 이때, 관리자는 부식 위험등급이 높은 상기 "S-5401"의 설비에 대하여, 교체나 보수 등의 관리를 강화할 수 있다.

[0128] [4] 잔여 수명 평가 단계 / 잔여 수명 평가 툴(40)

[0129] 설비의 교체나 보수 등의 효율적인 관리를 위해, 각 설비에 대한 잔여 수명을 평가(예측)한다. 상기 잔여 수명은 해당 사업장에 따라 임의의 조건과 기준을 정하여 평가될 수 있다.

[0130] 상기 잔여 수명은, 예를 들어 적어도 각 설비의 부식률(mpy)을 기초로 하여 평가(예측)될 수 있다. 구체적인 예를 들어, 상기 잔여 수명은 평가 조건으로서 적어도 각 설비의 부식률(mpy)을 포함시키되, 선택적으로 각 설비의 관련 정보를 더 포함시켜 평가될 수 있다. 이때, 상기 관련 정보는 전술한 바와 같으며, 이는 예를 들어 각 설비의 생산 년도, 사용 이력(사용 기간) 및/또는 유체명 등을 포함할 수 있다. 또한, 상기 잔여 수명은,

위와 같은 조건을 이용하되, 특정의 공식을 통하여 수치적으로 평가(산출)한다.

- [0131] 상기 잔여 수명 평가는, 본 발명에 따른 시스템을 구성하는 잔여 수명 평가 틀(40)을 통해 구현될 수 있다. 본 발명에서, 상기 잔여 수명 평가 틀(40)은 적어도 각 설비의 부식률(mpy)에 기초하여, 각 설비의 잔여 수명을 수치적으로 평가할 수 있는 것이면 좋다. 상기 잔여 수명 평가 틀(40)은 잔여 수명을 수치적으로 평가할 수 있는 소프트웨어 프로그램으로부터 선택될 수 있으며, 이는 구체적으로 수치 연산 기능을 가지는 컴퓨터 등의 장치로부터 선택될 수 있다.
- [0132] 본 발명의 예시적인 구현예에 따라서, 상기 잔여 수명 평가 틀(40)은 평가 조건을 입력할 수 있는 조건 입력부와, 상기 조건 입력부를 통해 입력된 조건을 저장하여 데이터베이스화하는 잔여 수명 데이터베이스부와, 상기 잔여 수명 데이터베이스부에 저장된 데이터베이스로부터 잔여 수명을 수치적으로 산출하는 잔여 수명 수치 연산부를 포함할 수 있다. 또한, 상기 잔여 수명 평가 틀(40)은, 상기 수치 연산부에서 산출된 잔여 수명을 출력하는 잔여 수명 출력부를 더 포함할 수 있다.
- [0133] 상기 조건 입력부에는 잔여 수명을 평가하기 위한 평가 조건이 입력된다. 상기 조건 입력부에는 평가 조건으로서 적어도 각 설비의 부식률(mpy)이 입력될 수 있으며, 선택적으로 상기 예시한 바와 같은 각 설비의 관련 정보가 더 입력될 수 있다. 상기 잔여 수명 데이터베이스부는 위와 같은 평가 조건들로부터 잔여 수명 데이터베이스를 구축하여 저장한다. 상기 잔여 수명 수치 연산부는 잔여 수명 데이터베이스를 기초로 하여 각 설비의 잔여 수명을 수치적으로 산출(연산)하며, 이는 예를 들어 특정의 공식을 통해 산출할 수 있다. 예를 들어, 상기 잔여 수명은, $RL = RL = kY/M$ 의 산출식을 통해 평가(산출)될 수 있다. 여기서, RL은 잔여 수명(개월 수)이고, Y는 설비의 생산 년도이며, $M = \text{부식률(mpy)} \times 10^3$ 일 수 있다. 그리고 상기 k는 잔여 수명 계수로서, 이는 설비 정보에 따라 특정되거나, 해당 사업장의 관리자에 따라 임의의 수치로 정해질 수 있다. 상기 k는, 일례를 들어 1 ~ 10 사이의 정수가 될 수 있다. 상기 잔여 수명의 산출식은 해당 사업장에 따라 임의로 정해질 수 있으며, 상기 예시한 산출식에 의해 한정되지 않는다.
- [0134] [5] 부식 위험 정보 확인 단계 / 휴대용 단말기(50) / 메인 서버(60)
- [0135] 설비의 안전관리를 위한 부식 위험 정보로서, 상기에서 평가된 부식 위험등급 및 잔여 수명을 확인한다. 이러한 부식 위험 정보 확인 단계는, 본 발명에 따른 시스템을 구성하는 휴대용 단말기(50) 및/또는 메인 서버(60)를 통해 구현된다.
- [0136] 이때, 상기 부식 위험 정보를 확인함에 있어서, 본 발명에 따라서, 사업장 내의 해당 설비(P, 도 3 참조)가 설치된 위치에서, 해당 설비(P)의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 휴대용 단말기(50)를 실시간으로 확인한다. 즉, 본 발명에 따르면, 휴대용 단말기(50)를 통해, 해당 설비(P)에 대한 부식 위험등급 및 잔여 수명을 해당 설비(P)가 설치된 사업장 내의 현장에서 실시간으로 확인하여 관리할 수 있다. 또한, 해당 설비(P)의 부식 위험등급 및 잔여 수명은 메인 서버(60)를 통해서도 확인할 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이, 본 발명에서 해당 설비(P)는 부식의 정도를 알아보고자 하는 설비로서, 이는 해당 사업장 내의 현장에 설치된 설비이다.
- [0137] 본 발명의 예시적인 실시 형태에 따라서, 상기 해당 설비(P)에 대한 부식 위험 정보는, 사업장 내의 해당 설비(P)가 설치된 위치에서 해당 설비(P)의 인식 정보를 휴대용 단말기(50)를 통해 메인 서버(60)로 송신(전송)하는 설비 인식 정보 송신 단계와, 상기 메인 서버(60)로부터 해당 설비(P)의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 휴대용 단말기(50)를 통해 수신하고, 상기 수신된 해당 설비(P)의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 상기 휴대용 단말기(50)에서 확인하는 부식 위험 정보 확인 단계를 통해 알아볼 수 있다. 이때, 상기 해당 설비(P)의 인식 정보는 해당 설비(P)를 인식할 수 있는 정보이면 특별히 제한되지 않는다. 예를 들어, 상기 해당 설비(P)의 인식 정보는 상기 예시한 바와 같은 "C-5401", "Q-5401", "S-5401" 등의 고유 코드(인식 코드)가 될 수 있다.
- [0138] 상기 휴대용 단말기(50)는 관리자가 휴대하는 것으로서, 이는 각 설비(P)의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 사업장 내의 각 설비(P)가 설치된 위치에서 실시간으로 확인할 수 있는 것이면 특별히 제한되지 않는다. 상기 휴대용 단말기(50)는 메인 서버(60)와 무선 통신되며, 상기 메인 서버(60)로부터 각 설비(P)에 대한 부식 위험등급 및 잔여 수명을 실시간으로 전송받는다.
- [0139] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 예시적인 구현예에 따라서, 상기 휴대용 단말기(50)는 메인 서버(60)와의 통신을 위한 송/수신부(52)와, 상기 송/수신부(52)를 통해 메인 서버(60)로부터 수신(전송)된 각 설비(P)에 대한 부식 위험등급 및 잔여 수명을 표시하는 표시부(54)와, 각 설비(P)의 인식 정보를 입력할 수 있는 정보 입력

부(56)를 포함할 수 있다.

- [0140] 상기 송/수신부(52)는 메인 서버(60)와 무선 통신을 가능하게 하는 것이면 제한되지 않는다. 또한, 상기 표시부(54)는 각 설비(P)에 대한 부식 위험등급 및 잔여 수명을 숫자, 문자 및/또는 기호 등을 통해, 육안 관찰이 가능할 정도로 표시할 수 있는 것이면 좋으며, 이는 예를 들어 LED, LCD 및 PDP 등의 디스플레이 소자를 포함할 수 있다. 아울러, 상기 정보 입력부(56)는 각 설비(P)의 인식 정보, 즉 해당 설비(P)의 인식 정보로서, 이는 예를 들어 "C-5401", "Q-5401", "S-5401" 등과 같은 고유 코드 등의 인식 정보를 입력할 수 있으면 좋다. 이러한 정보 입력부(56)는, 예를 들어 숫자, 문자 및/또는 기호 등이 표기된 키보드(key board)를 포함할 수 있다.
- [0141] 또한, 상기 휴대용 단말기(50)는, 바람직한 구현예에 따라서 알람부(alarm part)(55)를 더 포함할 수 있다. 상기 알람부(55)는 부식 위험등급 및/또는 잔여 수명의 위험도에 따라 작동되며, 이는 예를 들어 음향(경고음) 및/또는 색을 통해 위험도를 알릴 수 있다. 구체적으로, 상기 알람부(55)는 해당 설비(P)의 부식 위험등급이 높아 교체나 보수를 필요로 하는 경우, 및/또는 해당 설비(P)의 잔여 수명이 짧아 교체나 보수를 필요로 하는 경우에 작동될 수 있다. 이러한 알람부(55)의 작동은 관리자에 의해 미리 설정된 기준 값에 따라 작동될 수 있으며, 이는 메인 서버(60)에서 제어될 수 있다.
- [0142] 상기 메인 서버(60)는, 본 발명에 따른 시스템을 통합 관리한다. 상기 메인 서버(60)는 부식 위험성 평가 틀(10), 부식 위험등급 평가 틀(20), 설비-위험등급 매칭 틀(30), 잔여 수명 평가 틀(40) 및/또는 휴대용 단말기(50)와 연동된다. 본 발명에서 연동은 전기적, 전자적 및/또는 통신을 통한 정보 공유를 의미한다. 상기 메인 서버(60)는, 적어도 설비-위험등급 매칭 틀(30), 잔여 수명 평가 틀(40) 및 휴대용 단말기(50)와는 연동되며, 상기 휴대용 단말기(50)와는 통신을 통해 연동된다.
- [0143] 상기 메인 서버(60)는 설비-위험등급 매칭 틀(30) 및 잔여 수명 평가 틀(40)로부터 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 수신하여 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 확인할 수 있는 기능을 가질 수 있다. 또한, 상기 메인 서버(60)는 설비-위험등급 매칭 틀(30) 및 잔여 수명 평가 틀(40)로부터 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 수신하고, 상기 수신된 각 설비의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 상기 휴대용 단말기(50)에 송신하는 기능을 가질 수 있다.
- [0144] 도 1 및 도 2를 참조하면, 상기 메인 서버(60)는 휴대용 단말기(50)와의 통신을 위한 송/수신부(66)와, 본 발명에 따른 시스템의 통합 관리를 위한 제어부(64)를 포함할 수 있다. 또한, 상기 메인 서버(60)는 표시부(62)를 더 포함할 수 있다. 아울러, 상기 메인 서버(60)는 알람부(도시하지 않음) 등을 더 포함할 수 있다.
- [0145] 상기 송/수신부(66)는 정보의 송/수신을 위해 휴대용 단말기(50)와의 무선 통신을 가능하게 하는 것이면 좋다. 상기 제어부(64)는 각 틀(10)(20)(30)(40)에서 평가된 부식 위험 정보를 수집/관리하고, 상기 휴대용 단말기(50)와의 정보 전달 체계를 제어한다. 상기 표시부(62)는 각 틀(10)(20)(30)(40)에서 평가된 부식 위험 정보를 디스플레이(display)한다. 상기 표시부(62)는, 구체적으로 부식 위험등급 평가 틀(20) 및/또는 상기 설비-위험등급 매칭 틀(30)에서 평가된 각 설비(P)의 부식 위험등급을 디스플레이(display)할 수 있다. 또한, 상기 표시부(62)는 상기 잔여 수명 평가 틀(40)에서 평가된 각 설비의 잔여 수명을 디스플레이(display)할 수 있다. 아울러, 상기 표시부(62)는 앞서 언급한 바와 같이 상기 설비-위험등급 평가 틀(30)에서 생성된 설비-위험등급 매칭 목록을 리스트화하여 확인되게 할 수 있다. 아울러, 메인 서버(60)에 설치될 수 있는 알람부(도시하지 않음)는, 상기 휴대용 단말기(50)를 통해 설명한 바와 같이 해당 설비(P)의 부식 위험등급 및 잔여 수명에 따라 위험도를 알릴 수 있다.
- [0146] 한편, 본 발명에 따른 부식 위험 관리 시스템은 사업장 내에 설치된 설비의 위치 정보를 저장하여 제공하는 위치 정보 제공 틀(도시하지 않음)을 더 포함할 수 있다. 상기 위치 정보 제공 틀은 메인 서버(60)와 연동되어, 각 평가 틀(10)(20)(30)(40) 및/또는 메인 서버(60)에 각 설비의 위치 정보를 제공한다. 하나의 예시에서, 상기 위치 정보 제공 틀은 각 사업장의 시설 배치도에 대응되는 각 설비의 위치 정보를 제공할 수 있다.
- [0147] 또한, 본 발명에 따른 부식 위험 관리 시스템에서, 상기 평가 틀(10)(20)(30)(40)과 메인 서버(60)는 1개의 장치(컴퓨터 등)에 병합 설치되어 연동되거나, 2개 이상 복수의 장치(컴퓨터 등)에 설치되어 유선 및/또는 무선 통신을 통해 연동될 수 있다. 일례를 들어, 본 발명에 따른 부식 위험 관리 시스템은 상기 4개의 평가 틀(10)(20)(30)(40)이 설치된 1개의 PC, 상기 메인 서버(60)를 포함하는 중앙 제어 PC, 및 휴대용 단말기(50)를 포함하여, 총 3개의 장치로 구성될 수 있다. 아울러, 본 발명에서, 상기 평가 틀(10)(20)(30)(40)은 각각의 기

능을 수행할 수 있는 것이면 좋으며, 이들은 "평가 수단", "평가 프로그램" 및/또는 "평가 시스템" 등의 의미를 포함한다.

- [0148] 이상에서 설명한 본 발명에 따르면 적어도 다음과 같은 효과를 갖는다.
- [0149] 먼저, 설비의 부식 위험성(위험도)을 휴대용 단말기(50)를 통해 각 설비의 설치 위치에서 실시간으로 확인할 수 있다. 즉, 본 발명에 따르면, 휴대용 단말기(50)를 통해, 각 설비(즉, 부식을 알아보고자 하는 해당 설비)가 설치된 사업장 내의 현장에서 각 설비(해당 설비)에 대한 부식 위험 정보로서의 부식 위험등급 및 잔여 수명을 실시간으로 확인 및 관리할 수 있다.
- [0150] 보다 구체적으로, 휴대용 단말기(50)와 시설 배치도를 휴대한 안전 관리자가 사업장 내에서 해당 설비(P)에 대한 인식 정보를 입력하여 송신하면, 해당 설비(P)에 대한 부식 위험 정도로서의 부식 위험등급과 잔여 수명을 메인 서버(60)로부터 전송받아 실시간으로 확인할 수 있다. 그리고 전송된 부식 위험등급과 잔여 수명을 통해 해당 설비(P)의 데이터적인 위험도를 인지하고, 해당 설비(P)에 대한 실제 부식 위험 정도를 현장에서 직접 육안이나 측정기 등을 통한 실질적인 위험도 평가를 통해 확인/검증함으로써, 교체나 보수의 결정에 대해 정확성 및 신뢰성이 확립될 수 있다.
- [0151] 또한, 본 발명에 따르면, 전술한 바와 같이 설비-위험등급 매칭을 통해, 각 설비별 부식 위험등급을 실시간으로 일목요연하게 확인할 수 있다. 이때, 관리자는 부식 위험등급이 높은 해당 설비(P)에 대하여 교체나 보수 등의 관리를 중점적으로 강화할 수 있다. 부가적으로, 본 발명에 따르면, 휴대용 단말기(50) 및/또는 메인 서버(60)에 설치된 알람부(55)에 의해 위험도가 높은 해당 설비(P)의 관리가 강화될 수 있다.
- [0152] 한편, 상기한 바와 같이, 부식 위험도를 평가함에 있어서는 API-571, API-580 및/또는 API-581 등의 자료를 참고할 수 있으며, 이 중에서도 API-581을 참고할 수 있다. API-581은 부식 등의 손상 위험성 평가와 관련하여, 사고 가능성 분석방법과 사고결과 분석방법을 제시하고 있다.
- [0153] 그러나 본 발명자들에 따르면, 사업장으로서 고압 독성가스 관련 시설을 대상으로 하는 경우, API-581은 적용성이 떨어짐을 알 수 있었다. 이에, 본 발명은 고압 독성가스 관련 시설을 대상으로 하는 부식 위험도 평가 및 안전관리의 새로운 방법을 제시하고자 한다. 이를 설명하면 아래와 같다.
- [0154] 독성가스에 대한 정의는 고압가스안전관리법의 시행규칙 2조에 "아크릴로니트릴, 아크릴알데히드, 아황산가스, 암모니아, 일산화탄소, 이황화탄소, 불소, 염소, 브롬화메탄, 염화메탄, 염화프렌, 산화에틸렌, 시안화수소, 황화수소, 모노메틸아민, 디메틸아민, 트리메틸아민, 벤젠, 포스겐, 요오드화수소, 브롬화수소, 염화수소, 불화수소, 겨자가스, 알진, 모노실란, 디실란, 디보레인, 세렌화수소, 포스핀, 모노게르만 및 그 밖에 공기 중에 일정량 이상 존재하는 경우 인체에 유해한 독성을 가진 가스로서 허용농도(해당 가스를 성숙한 흰쥐 집단에게 대기 중에서 1시간 동안 계속하여 노출시킨 경우 14일 이내에 그 흰쥐의 2분의 1 이상이 죽게 되는 가스의 농도를 말한다)가 100만분의 5000 이하인 것을 말한다"라고 되어 있다.
- [0155] 따라서 독성가스는 특정고압가스와 특수고압가스를 포함하여, 하기 [표 1]과 같이 40종이 대상물질이다.
- [0156] [표 1]

[0157]

< 독성가스 물질 >

NO	Materials	CAS No.	Molecular formular	NO	Materials	CAS No.	Molecular formular
1	겨자가스	505-60-2	C ₄ H ₆ Cl ₂ S	21	아크릴로니트릴	107-13-1	C ₃ H ₃ N
2	디메틸아민	24-40-3	C ₂ H ₇ N	22	아크릴알데히드	107-02-8	C ₃ H ₄ O
3	디보레인	19287-45-7	B ₂ H ₆	23	아황산가스	7446-09-5	SO ₂
4	디실란	1590-87-0	Si ₂ H ₆	24	알진	7784-42-1	AsH ₃
5	모노게르만	7782-65-2	GeH ₄	25	암모니아	7664-41-7	NH ₃
6	모노메틸아민	74-89-5	CH ₅ N	26	염소	7782-50-5	Cl ₂
7	모노실란	7803-62-5	SiH ₄	27	염화메탄	74-87-3	CH ₃ Cl
8	벤젠	71-43-2	C ₆ H ₆	28	염화수소	7647-01-0	HCl
9	불소	7782-41-4	F ₂	29	염화프렌	126-99-8	C ₄ H ₅ Cl
10	불화수소	7664-39-3	HF	30	오불화비소	7784-36-3	AsF ₃
11	브롬화메탄	74-83-9	CH ₃ Br	31	오불화인	7647-19-0	PF ₅
12	브롬화수소	10035-10-6	HBr	32	요오드화수소	10034-85-2	HI
13	사불화유황	7783-61-1	SF ₄	33	육불화텅스텐	7783-82-6	WF ₆
14	사불화유황	7783-60-0	SF ₄	34	이황화탄소	75-15-0	CS ₂
15	산화에틸렌	75-21-8	C ₂ H ₄ O	35	일산화질소	10102-43-9	NO
16	삼불화붕소	7637-07-02	BF ₃	36	일산화탄소	630-08-0	CO
17	삼불화인	7783-55-3	PF ₃	37	트리메틸아민	75-50-3	C ₃ H ₉ N
18	삼염화붕소	10294-34-5	BCl ₃	38	포스겐	75-44-5	COCl ₂
19	세렌화수소	7783-07-5	SeH ₂	39	포스핀	7803-51-2	PH ₃
20	시아나화수소	74-90-8	HCN	40	황화수소	7783-06-4	H ₂ S

[0158]

[0159]

본 발명에서는 위와 같은 독성가스 사고의 주요 원인의 하나인 부식에 대해 고압 독성가스 시설을 대상으로 위험도(Risk)를 산출하여 사고 피해를 최소화 하는 안전기술을 정립하고자 한다. 이를 위해, 본 발명은 우선적으로 미국석유화학(API)에서 개발한 위험기반검사(RBI) 절차서인 API-581를 선택하여 고압 독성가스 시설에서 사고결과 분석방법에 대한 적용성을 검토하였다.

[0160]

API-581에서 사고결과 분석은 위험에 근거하여 설비들에 대한 검사의 상대적인 우선순위를 설정하는데 사용되며, 대표물질에 대한 제안된 공식을 사용하는 단순화된 방법을 채택하고 있다. 즉, API-581에서는 위험 물질의 누출에 따른 사고결과 피해크기를 총 8단계(Step 1 ~ Step 8)로 거쳐 산출한다. 이에, API-581의 각 단계(Step 1 ~ Step 8)에 대하여 고압 독성가스 시설의 적용성을 다음과 같이 검토하고, 이를 바탕으로 고압 독성가스 시설에서의 부식 위험성 평가 방법(사고결과 분석방법)을 제시한다.

[0161]

Step 1: 대표물질 결정

[0162]

API-581에서 취급하는 물질은 주로 탄화수소계 물질이며, 화학설비의 유체는 거의 순수 물질이 아니므로, 대표 물질을 결정하여 평가한다. 또한 적용물질에 대한 대표물질을 모델화한 물질목록을 제공하고 있다.

[0163]

그러나 고압 독성가스 시설의 경우에는 상기 [표 1]에 나타난 바와 같이 40종의 독성가스가 적용물질이며, 이를 API-581에서 모델화한 물질목록에 없는 것이 대부분이므로, API-581은 적용할 수 없다. 그러므로 고압 독성가스 시설에서 취급하는 물질은 단일 독성가스 물질 그대로 적용하고, 공정 중에서 혼합물질로 존재하더라도 관심 물질이 독성가스이므로, 독성가스 물질 자체를 대표물질로 결정한다.

[0164]

하기 [표 2]에 Step 1과 관계된 API-581의 내용과 이에 대한 고압 독성가스 시설의 적용성에 대해 나타내었다.

[0165]

[표 2]

[0166] < Step 1과 관계된 API-581의 내용과 고압 독성가스 시설 적용성 검토 >

구분	대표물질 결정																																						
API-581	<ul style="list-style-type: none"> • 화학설비의 유체는 거의 순수물질이 아니므로, 대표물질을 결정함 • API-581에서 취급하는 물질은 주로 탄화수소계 물질임 • 혼합물의 대표물질은 다음 식을 이용하여 계산함 $Property_{mix} = \sum x_i \cdot Property_i$ <p>여기서, x_i = 구성물의 몰분율(mole fraction) $Property_i$ = NBP(normal boiling point), MW(molecular weight) 또는 밀도</p> <p style="text-align: center;"><위험기반검사에서 모델화된 물질 목록></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">대표물질</th> <th style="width: 50%;">적용물질</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C₁-C₂</td> <td>Methane, ethane, ethylene, LNG</td> </tr> <tr> <td>C₃-C₄</td> <td>Propane, butane, isobutane, LPG</td> </tr> <tr> <td>C₅</td> <td>Pentane</td> </tr> <tr> <td>C₆-C₈</td> <td>Gasoline, naphtha, light straight run, heptane</td> </tr> <tr> <td>C₉-C₁₂</td> <td>Disel, kerosene</td> </tr> <tr> <td>C₁₃-C₁₅</td> <td>Jet fuel, kerosene, atmospheric gas or</td> </tr> <tr> <td>C₁₇-C₂₅</td> <td>Gas oil, typical crude</td> </tr> <tr> <td>C₂₅₊</td> <td>Residuum, heavy crude</td> </tr> <tr> <td>H₂</td> <td>Hydrogen only</td> </tr> <tr> <td>H₂S</td> <td>Hydrogen sulfide only</td> </tr> <tr> <td>HF</td> <td>Hydrogen fluoride</td> </tr> <tr> <td>Water</td> <td>Water</td> </tr> <tr> <td>Steam</td> <td>Steam</td> </tr> <tr> <td>Acid(low)</td> <td>Low-pressure acid with caustic</td> </tr> <tr> <td>Acid(medium)</td> <td>Low-pressure acid with caustic</td> </tr> <tr> <td>Acid(high)</td> <td>Low-pressure acid with caustic</td> </tr> <tr> <td>Aromatics</td> <td>Benzene, toluene, zylene</td> </tr> <tr> <td>Styrene</td> <td>Styrene</td> </tr> </tbody> </table>	대표물질	적용물질	C ₁ -C ₂	Methane, ethane, ethylene, LNG	C ₃ -C ₄	Propane, butane, isobutane, LPG	C ₅	Pentane	C ₆ -C ₈	Gasoline, naphtha, light straight run, heptane	C ₉ -C ₁₂	Disel, kerosene	C ₁₃ -C ₁₅	Jet fuel, kerosene, atmospheric gas or	C ₁₇ -C ₂₅	Gas oil, typical crude	C ₂₅₊	Residuum, heavy crude	H ₂	Hydrogen only	H ₂ S	Hydrogen sulfide only	HF	Hydrogen fluoride	Water	Water	Steam	Steam	Acid(low)	Low-pressure acid with caustic	Acid(medium)	Low-pressure acid with caustic	Acid(high)	Low-pressure acid with caustic	Aromatics	Benzene, toluene, zylene	Styrene	Styrene
	대표물질	적용물질																																					
	C ₁ -C ₂	Methane, ethane, ethylene, LNG																																					
	C ₃ -C ₄	Propane, butane, isobutane, LPG																																					
	C ₅	Pentane																																					
	C ₆ -C ₈	Gasoline, naphtha, light straight run, heptane																																					
	C ₉ -C ₁₂	Disel, kerosene																																					
	C ₁₃ -C ₁₅	Jet fuel, kerosene, atmospheric gas or																																					
	C ₁₇ -C ₂₅	Gas oil, typical crude																																					
	C ₂₅₊	Residuum, heavy crude																																					
	H ₂	Hydrogen only																																					
	H ₂ S	Hydrogen sulfide only																																					
	HF	Hydrogen fluoride																																					
	Water	Water																																					
	Steam	Steam																																					
Acid(low)	Low-pressure acid with caustic																																						
Acid(medium)	Low-pressure acid with caustic																																						
Acid(high)	Low-pressure acid with caustic																																						
Aromatics	Benzene, toluene, zylene																																						
Styrene	Styrene																																						
고압 독성가스 시설 적용성	<ul style="list-style-type: none"> • 고압 독성가스 시설에서 취급하는 물질은 탄화수소계 물질이 아님 • 고압 독성가스 시설에서 취급하는 물질은 주로 단일 독성가스 물질임 • 공정 중에서 혼합물질로 존재하더라도 관심 물질이 독성가스이므로, 독성가스만 고려대상임 																																						

[0167]

[0168] Step 2: 누출공 크기 선정

[0169] 실질적으로, 위험도 평가(산출)을 수행할 경우에는 하나의 누출공 크기를 선정해야 한다. 즉, 다수의 누출공에 대해 위험도를 산출하는 것은 비실용적이기 때문에 API-581은 누출공의 크기를 제한하고 있다.

[0170] API-581에서는 누출공의 크기를 크게 4가지(1/4인치, 1인치, 4인치, 그리고 파열)로 설정하고, 배관, 압력용기, 펌프, 압축기, 상압 저장탱크에 대해 누출공 크기 선정이 제시되어 있다. 이는 물질별 특성이 반영된 것이 아니고, 시설대상이므로 고압 독성가스 시설에서 누출공 크기 선정은 API-581을 준용하여도 무방할 것으로 판단된다.

[0171] Step 2와 관계된 API-581의 내용과 이에 대한 고압 독성가스 시설의 적용성을 하기 [표 3]에 나타내었다.

[0172] [표 3]

[0173] < Step 2와 관계된 API-581의 내용과 고압 독성가스 시설 적용성 검토 >

구 분	누출공 크기 선정
API-581	<ul style="list-style-type: none"> • 누출공 크기는 크게 4가지로 설정 <ul style="list-style-type: none"> - 소형(1/4"), 중형(1"), 대형(4"), 파열(설비의 전체 직경, 최대 16") • 사업장 내의 영향은 발생 가능성이 높은 소형 및 중형 구멍크기로, 사업장 외는 중형 및 대형 구멍크기로 위험도 산출 • 배관의 누출공 설정 <ul style="list-style-type: none"> - 4가지 누출공 크기(1/4", 1", 4", 파열) 이용 • 압력용기 누출공 설정 <ul style="list-style-type: none"> - 4가지 누출공 크기(1/4", 1", 4", 파열) 이용 - 설비 유형 <ul style="list-style-type: none"> a. 용기(vessel)류: KO 드럼, 압축기 및 반응기와 같은 표준 압력용기 b. 필터(filter)류: 필터, 여과기 c. 탑(column)류: 증류탑, 흡수장치, 스트리퍼(stripper) 등 d. 열교환기 동체: 재열기(reboiler), 응축기 및 열교환기의 동체 측 e. 열 교환기 튜브: 재열기(reboiler), 응축기 및 열교환기의 튜브 측 f. 핀/팬 냉각기(fin/fan cooler): 핀/팬형 열교환기 • 펌프의 누출공 설정 <ul style="list-style-type: none"> - 3가지 누출공 크기(1/4", 1", 4") 이용 • 압축기의 누출공 설정 <ul style="list-style-type: none"> - 2가지 누출공 크기(1", 4") 이용 - 설비 유형 <ul style="list-style-type: none"> a. 원심형 압축기 b. 왕복형 압축기 • 상압 저장탱크의 누출공 설정 <ul style="list-style-type: none"> - 탱크 지상부 측면: 1/4", 1", 4" 누출공 크기 이용 - 탱크 벽 또는 바닥면: 파열 - 상압 저장탱크 바닥: 1/4", 1" 누출공 크기 이용
고압 독성가스 시설 적용성	<ul style="list-style-type: none"> • 고압 독성가스 시설에서 누출공 크기 설정은 물질별 특성이 반영된 것이 아니고, 시설대상이므로 API-581을 준용하여도 무방할 것으로 판단됨

[0174]

[0175] Step 3: 누출량 산출

[0176] API-581에서 총 누출량은 하기 [표 4]의 방법으로 산출된 2가지 누출량 중에서 적은 양으로 산출한다. 이때, 인벤토리 그룹(inventory group) 개념은 고압 독성가스 시설에 적용 가능한 것으로 판단되지만, 제시된 2가지 누출 총량 설정은, 특히 모델화된 총 질량 등은 고압 독성가스와 맞지 않은 부분이기 때문에 그대로 적용하기에는 무리가 있는 것으로 판단된다. 따라서 Step 3에서는 인벤토리 그룹(Inventory Group) 개념만 사용되는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

[0177] 하기 [표 4]는 Step 3과 관계된 API-581의 내용과 이에 대한 고압 독성가스 시설의 적용성에 대해 나타낸 것이다.

[0178] [표 4]

[0179] < Step 3과 관계된 API-581의 내용과 고압 독성가스 시설 적용성 검토 >

[0180]

구 분	누출량 산출
API-581	<ul style="list-style-type: none"> 다음의 2가지 누출량 중에서 작은 양으로 설정 <ul style="list-style-type: none"> a. 장치의 누출량에 Inventory Group으로부터 3분 누출량을 합산하여 총 누출량을 산출. 이때, 누출장치는 동일한 누출속도를 갖는 것으로 가정하고, 파열의 경우에는 8인치 누출로 제한 b. 각 설비와 관련된 Inventory Group에서 모델화 된 유체의 총 질량
고압 독성가스 시설 적용성	<ul style="list-style-type: none"> API-581에서 적용된 Inventory Group 개념은 고압 독성가스 시설에 적용이 가능한 것으로 판단됨 특히, 모델화된 유체의 총 질량 등은 고압 독성가스와 맞지 않은 부분이기 때문에 그대로 적용하기에는 무리가 있는 것으로 판단됨

[0181] Step 4: 누출속도 산출

[0182] 누출속도는 물질의 물리적 특성, 초기 상(initial phase) 및 공정조건에 따라 다르다. 따라서 API-581에서는 물질이 설비 내에 있을 때의 물질의 상(phase)에 근거하여 누출속도 산출식을 선택하고, 물질이 누출됨에 따라 물질의 누출형태(음속 또는 아음속)를 선택한다. 이는 일반적으로 적용되는 누출속도 계산식이므로, 고압 독성가스 시설에도 적용이 가능하다. 다만, 본 발명의 대상이 고압 독성가스이므로, 액체와 관련된 식은 제외한다.

[0183] 하기 [표 5]에는 Step 4와 관계된 API-581의 내용과 이에 대한 고압 독성가스 시설의 적용성에 대해 나타내었다.

[0184] [표 5]

[0185] < Step 4와 관계된 API-581의 내용과 고압 독성가스 시설 적용성 검토 >

[0186]

구 분	누출속도 산출
API-581	<ul style="list-style-type: none"> 액체 누출속도 계산(생략) 음속 기체 누출속도(lb/s) 계산 $W_g(sonic) = C_d AP \sqrt{\left(\frac{kM}{RT}\right) \frac{g_c}{144} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$ 여기서, C_d = 누출계수(기체의 경우 0.85~1) A = 누출공 면적(in²) P = 압력(psia) M = 분자량(-) R = 기체상수(10.73 ft³·psia/lbmole·R) T = 온도(R) $k = C_p/C_v$ 아음속 기체 누출속도(lb/s) 계산 $W_g(subsonic) = C_d AP \sqrt{\left(\frac{M}{RT}\right) \frac{g_c}{144} \left(\frac{2k}{k-1}\right) \left(\frac{P_a}{P}\right)^{\frac{2}{k}} \left[1 - \left(\frac{P_a}{P}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]}$
고압 독성가스 시설 적용성	<ul style="list-style-type: none"> API-581의 누출속도 계산은 일반적으로 적용되는 계산식이므로, 고압 독성가스 시설에 적용이 가능함 액체의 누출속도는 제외해도 무방할 것으로 판단됨

[0187] Step 5: 누출유형 결정

[0188] API-581의 사고결과인 피해크기 예측은 모든 누출을 2가지 유형(순간누출, 연속누출) 중의 하나로 모델화 한다. 이때, 누출유형의 구분은 하기 [표 6]에 나타난 바와 같이 누출공이 1/4인치이거나, 3분 동안 누출된 총량이 10,000 lb_m 이하의 모든 저속 누출속도는 연속누출로 모델화하고, 이외의 경우는 순간누출로 모델화한다. 여기서 제시된 10,000 lb_m의 한계값은 화재와 폭발에 대한 이전 자료들을 검토한 결과로, 10,000 lb_m 이상이 짧은 시

간 내에 누출될 경우에는 증기운 폭발이 더욱 쉽게 발생하고, 10,000 lb_m 이하가 짧은 시간 내에 누출될 경우에는 증기운 폭발보다는 플래쉬 화재(flash fire)를 생성하는 경향이 있다는 것이다.

[0189] 따라서 API-581의 기준이 되는 10,000 lb_m는 고압 독성가스에 적용하기에는 무리가 있는 것으로 판단된다. 이에, 누출유형에 대한 결정은 누출지속시간을 기준으로 결정하는 것이 바람직하다. 예를 들어, CCPS(Center for Chemical Process Safety)에 근거하여 누출지속시간 10분을 기준으로 결정할 수 있다.

[0190] 하기 [표 6]은 Step 5와 관계된 API-581의 내용과 이에 대한 고압 독성가스 시설의 적용성에 대해 나타낸 것이다.

[0191] [표 6]

[0192] < Step 5와 관계된 API-581의 내용과 고압 독성가스 시설 적용성 검토 >

[0193]

구 분	누출유형 결정
API-581	<ul style="list-style-type: none"> • 누출공이 1/4인치는 연속누출로 모델화 • 3분 동안 누출된 총량이 10,000 lb_m를 초과하면 순간누출로 모델화 • 3분 동안 누출된 총량이 10,000 lb_m 이하이면 연속누출로 모델화 • 모든 저속 누출속도는 연속누출로 모델화
고압 독성가스 시설 적용성	<ul style="list-style-type: none"> • API-581의 기준이 되는 10,000 lb_m는 화재와 폭발의 자료를 검토한 경험인 수치이므로, 이를 고압 독성가스에 적용하기에는 무리가 있는 것으로 판단됨 • 따라서 누출유형에 대한 결정은 CCPS의 누출지속시간이 10분을 기준으로 결정하는 것이 바람직한 것으로 판단됨

[0194] Step 6: 유체상 결정

[0195] 누출 후 유체의 확산 특성은 상(기체 또는 액체)에 따라 크게 다르다. 즉, 정상 운전조건에서 정상 대기조건으로 변할 경우 유체의 상에 변화가 없으면 유체의 최종상태는 초기상태와 같다. 그러나 유체가 누출 시 상태 변화가 있으면 사고피해 크기를 산출하기 위한 물질상태에 대한 평가가 어려워 질 수 있다.

[0196] 따라서 API-581에서는 하기 [표 7]에 나타낸 바와 같이 유체상 결정지침을 사용하고 있다. 그러나 고압 독성가스 시설에서 누출물질의 최종 상은 기상이 되므로, 액상은 고려하지 않아도 될 것으로 판단된다.

[0197] Step 6과 관계된 API-581의 내용과 이에 대한 고압 독성가스 시설의 적용성은 하기 [표 7]에 나타내었다.

[0198] [표 7]

[0199] < Step 6과 관계된 API-581의 내용과 고압 독성가스 시설 적용성 검토 >

[0200]

구 분	유체상 결정															
API-581	<ul style="list-style-type: none"> • 유체 상(phase) 결정지침 <table border="1"> <thead> <tr> <th>정상 운전조건에서 유체의 상</th> <th>정상 대기조건에서 유체의 상</th> <th>사고피해 크기 계산을 위한 최종상태 결정</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>기상</td> <td>기상</td> <td>기상으로 모델화</td> </tr> <tr> <td>기상</td> <td>액상</td> <td>기상으로 모델화</td> </tr> <tr> <td>액상</td> <td>기상</td> <td>기상으로 모델화, 만약 대기조건에서 유체의 끓는점이 80°F보다 클 경우에는 액상으로 모델화</td> </tr> <tr> <td>액상</td> <td>액상</td> <td>액상으로 모델화</td> </tr> </tbody> </table>	정상 운전조건에서 유체의 상	정상 대기조건에서 유체의 상	사고피해 크기 계산을 위한 최종상태 결정	기상	기상	기상으로 모델화	기상	액상	기상으로 모델화	액상	기상	기상으로 모델화, 만약 대기조건에서 유체의 끓는점이 80°F보다 클 경우에는 액상으로 모델화	액상	액상	액상으로 모델화
정상 운전조건에서 유체의 상	정상 대기조건에서 유체의 상	사고피해 크기 계산을 위한 최종상태 결정														
기상	기상	기상으로 모델화														
기상	액상	기상으로 모델화														
액상	기상	기상으로 모델화, 만약 대기조건에서 유체의 끓는점이 80°F보다 클 경우에는 액상으로 모델화														
액상	액상	액상으로 모델화														
고압 독성가스 시설 적용성	<ul style="list-style-type: none"> • 고압 독성가스 시설에서 누출물질의 최종 상(phase)은 기상이 • 액상은 고려하지 않음 															

[0201] Step 7: 완화시스템 등급 결정

- [0202] 누출에 대한 대응 영향을 평가하는 것은 API-581의 사고피해 크기예측에서 마지막 단계에 해당되며, 이 단계에서는 사고피해 크기를 제한하는데 있어서 효율성을 높이기 위해 여러 가지 완화(mitigation)시스템들이 적용된다. 이때, 대응 영향평가를 결정하는 2가지 주요 매개변수는 누출 지속시간과 위험물질의 확산 감소이다. 누출지속시간은 독성 피해와 환경 피해 평가에서 중요한 매개변수이지만, 인화성 물질은 빠르게 정상 농도에 도달하는 특성이 있으므로, 인화성 물질에서 누출 지속시간은 중요한 변수가 아니다. 이러한 누출 지속시간은 누출 검출시스템과 차단시스템의 유형으로부터 추정되고, 독성 피해 추정을 위해 직접적으로 투입되는 변수로 이용된다. 또한 수막(water curtain)과 같은 완화시스템은 최종 사고피해 크기를 감소시키기 위한 물질의 확산을 줄이는 역할을 한다.
- [0203] 모든 플랜트 설비들은 위험물질의 누출결과를 검출, 차단 및 감소시키도록 설계된 다양한 완화시스템을 가지고 있다. 따라서 API-581에서는 여러 가지 유형의 완화시스템의 유효성을 평가하기 위해서 단순화된 기법을 개발해왔으며, 독성 검출 및 차단 시스템에 대한 검출 및 차단 시스템의 등급결정 기준을 하기 [표 8]에 나타내었다. 이와 같은 검출 및 차단 시스템은 고압 독성가스 시설에서 특히 중요하기 때문에 API-581에서 제시된 바를 그대로 수용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.
- [0204] 하기 [표 8]에는 Step 7과 관계된 API-581의 내용과 이에 대한 고압독성가스 시설의 적용성에 대해서 나타내었다.
- [0205] [표 8]

[0206] < Step 7과 관계된 API-581의 내용과 고압 독성가스 시설 적용성 검토 >

구 분	완화시스템 등급 결정																																						
API-581	<ul style="list-style-type: none"> 독성 검출 및 차단 시스템은 2단계를 거쳐 평가 <ul style="list-style-type: none"> 적용 가능한 검출 및 차단 시스템의 분류 등급 결정 특정 피해크기 계산식을 참조하여 사고피해 크기에 미치는 검출 및 차단 시스템의 영향을 결정 <p style="text-align: center;"><검출 및 차단 시스템의 등급결정 기준></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: center;">검출시스템 유형</th> <th style="text-align: center;">검출 등급</th> </tr> <tr> <td>시스템 운전조건의 변화에 따라 물질의 손실(즉, 압력 또는 흐름 손실)을 검출하기 위하여 특별히 고안된 시스템</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> <tr> <td>압력설비(pressure-containing envelope) 밖에 물질이 존재하는 지를 결정하기 위해 적절히 설치된 검출기</td> <td style="text-align: center;">B</td> </tr> <tr> <td>육안검출, 카메라 또는 검출기</td> <td style="text-align: center;">C</td> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">차단시스템 유형</th> <th style="text-align: center;">차단 등급</th> </tr> <tr> <td>어떠한 운전자의 개입 없이 공정기구나 검출기로부터 직접 차단되는 시스템</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> <tr> <td>누출영역에서 멀리 떨어져 있는 제어실 또는 기타 적절한 위치에 있는 운전자에 의해서 제어되는 차단시스템</td> <td style="text-align: center;">B</td> </tr> <tr> <td>수동 운전밸브에 의한 차단(isolation)</td> <td style="text-align: center;">C</td> </tr> </table> <p>* 검출 및 차단 시스템의 등급 결정기준은 연속누출의 피해크기를 평가할 경우에만 이용</p> <p style="text-align: center;"><검출 및 차단 시스템에 기반한 누출지속시간></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">검출시스템 등급</th> <th style="text-align: center;">차단시스템 등급</th> <th style="text-align: center;">누출 지속시간</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td> 1/2인치 누출의 경우 20분 1인치 누출의 경우 10분 4인치 누출의 경우 5분 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td> 1/2인치 누출의 경우 30분 1인치 누출의 경우 20분 4인치 누출의 경우 10분 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td> 1/2인치 누출의 경우 40분 1인치 누출의 경우 30분 4인치 누출의 경우 20분 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">A 또는 B</td> <td> 1/2인치 누출의 경우 40분 1인치 누출의 경우 30분 4인치 누출의 경우 20분 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td> 1/2인치 누출의 경우 1시간 1인치 누출의 경우 30분 4인치 누출의 경우 20분 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">A, B 또는 C</td> <td> 4인치 누출의 경우 20분 1인치 누출의 경우 30분 4인치 누출의 경우 20분 </td> </tr> </tbody> </table>		검출시스템 유형	검출 등급	시스템 운전조건의 변화에 따라 물질의 손실(즉, 압력 또는 흐름 손실)을 검출하기 위하여 특별히 고안된 시스템	A	압력설비(pressure-containing envelope) 밖에 물질이 존재하는 지를 결정하기 위해 적절히 설치된 검출기	B	육안검출, 카메라 또는 검출기	C	차단시스템 유형	차단 등급	어떠한 운전자의 개입 없이 공정기구나 검출기로부터 직접 차단되는 시스템	A	누출영역에서 멀리 떨어져 있는 제어실 또는 기타 적절한 위치에 있는 운전자에 의해서 제어되는 차단시스템	B	수동 운전밸브에 의한 차단(isolation)	C	검출시스템 등급	차단시스템 등급	누출 지속시간	A	A	1/2인치 누출의 경우 20분 1인치 누출의 경우 10분 4인치 누출의 경우 5분	A	B	1/2인치 누출의 경우 30분 1인치 누출의 경우 20분 4인치 누출의 경우 10분	A	C	1/2인치 누출의 경우 40분 1인치 누출의 경우 30분 4인치 누출의 경우 20분	B	A 또는 B	1/2인치 누출의 경우 40분 1인치 누출의 경우 30분 4인치 누출의 경우 20분	B	C	1/2인치 누출의 경우 1시간 1인치 누출의 경우 30분 4인치 누출의 경우 20분	C	A, B 또는 C	4인치 누출의 경우 20분 1인치 누출의 경우 30분 4인치 누출의 경우 20분
	검출시스템 유형	검출 등급																																					
	시스템 운전조건의 변화에 따라 물질의 손실(즉, 압력 또는 흐름 손실)을 검출하기 위하여 특별히 고안된 시스템	A																																					
	압력설비(pressure-containing envelope) 밖에 물질이 존재하는 지를 결정하기 위해 적절히 설치된 검출기	B																																					
	육안검출, 카메라 또는 검출기	C																																					
	차단시스템 유형	차단 등급																																					
	어떠한 운전자의 개입 없이 공정기구나 검출기로부터 직접 차단되는 시스템	A																																					
	누출영역에서 멀리 떨어져 있는 제어실 또는 기타 적절한 위치에 있는 운전자에 의해서 제어되는 차단시스템	B																																					
	수동 운전밸브에 의한 차단(isolation)	C																																					
	검출시스템 등급	차단시스템 등급	누출 지속시간																																				
A	A	1/2인치 누출의 경우 20분 1인치 누출의 경우 10분 4인치 누출의 경우 5분																																					
A	B	1/2인치 누출의 경우 30분 1인치 누출의 경우 20분 4인치 누출의 경우 10분																																					
A	C	1/2인치 누출의 경우 40분 1인치 누출의 경우 30분 4인치 누출의 경우 20분																																					
B	A 또는 B	1/2인치 누출의 경우 40분 1인치 누출의 경우 30분 4인치 누출의 경우 20분																																					
B	C	1/2인치 누출의 경우 1시간 1인치 누출의 경우 30분 4인치 누출의 경우 20분																																					
C	A, B 또는 C	4인치 누출의 경우 20분 1인치 누출의 경우 30분 4인치 누출의 경우 20분																																					
고압 독성가스 시설 적용성	<ul style="list-style-type: none"> 고압 독성가스 시설은 특히 독성가스의 검출 및 차단 시스템이 중요함 API-581의 절차를 수용하는 것이 바람직한 것으로 판단됨 																																						

[0207]

[0208] Step 8: 사고 피해영역 산출

[0209] API-581에서는 하기 [표 9]에 나타난 바와 같이 4가지 누출유형에 따라 대표물질별로 사고피해 크기에 대한 산출식을 제시하고 있다. 그러나 고압 독성가스 시설에서는 앞서 언급한 바와 같이 API-581의 대표물질 개념을 적용할 수 없고, 또한 누출유형 결정도 API-581의 절차를 적용하기에 무리가 있기 때문에 종합적으로 API-581의 절차를 적용할 수 없는 것으로 판단된다.

[0210] 따라서 대안적으로 독성가스의 사고피해 영향인 독성에 대한 영향을 살펴보기 위한 독성가스 누출에 의한 사고 피해 크기는 CCPS에서 제시한 분산모델을 적용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

[0211] [표 9]

[0212] < Step 8과 관계된 API-581의 내용과 고압 독성가스 시설 적용성 검토 >

구분	사고 피해영역 산출																																										
API-581	<ul style="list-style-type: none"> • 사고피해 결과는 다음의 4가지 누출유형에 따라 단순하게 산출할 수 있음 <ul style="list-style-type: none"> - 자연발화 가능성이 없고, 연속누출의 경우 - 자연발화 가능성이 없고, 순간누출의 경우 - 자연발화 가능성이 있고, 연속누출의 경우 - 자연발화 가능성이 있고, 순간누출의 경우 <p style="text-align: center;"><자연발화 가능성이 없고, 연속 기체누출의 경우(예)></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>물질</th> <th>설비손상영역(ft²)</th> <th>중대사고영역(ft²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C₁-C₂</td> <td>A = 43x^{0.96}</td> <td>A = 110x^{0.96}</td> </tr> <tr> <td>C₃-C₄</td> <td>A = 49x^{0.96}</td> <td>A = 125x^{0.96}</td> </tr> <tr> <td>C₅</td> <td>A = 25.2x^{0.96}</td> <td>A = 62.1x^{1.00}</td> </tr> <tr> <td>C₆-C₈</td> <td>A = 29x^{0.96}</td> <td>A = 68x^{0.96}</td> </tr> <tr> <td>C₉-C₁₂</td> <td>A = 129x^{0.96}</td> <td>A = 29x^{0.96}</td> </tr> <tr> <td>C₁₃-C₁₆</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C₁₇-C₂₅</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C₂₅₊</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>H₂</td> <td>A = 198x^{0.992}</td> <td>A = 614x^{0.993}</td> </tr> <tr> <td>H₂S</td> <td>A = 32x^{1.00}</td> <td>A = 52x^{1.00}</td> </tr> <tr> <td>HF</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aromatics</td> <td>A = 121.39x^{0.8911}</td> <td>A = 359x^{0.8821}</td> </tr> <tr> <td>Styrene</td> <td>A = 121.39x^{0.8911}</td> <td>A = 435x^{0.8821}</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">* x = 총 누출률(lb/s), A = 영역(area, ft²) † 공정온도가 자연발화 온도에 80°F를 더한 온도보다 이하일 경우에는 자연발화 가능성은 없음</p>	물질	설비손상영역(ft ²)	중대사고영역(ft ²)	C ₁ -C ₂	A = 43x ^{0.96}	A = 110x ^{0.96}	C ₃ -C ₄	A = 49x ^{0.96}	A = 125x ^{0.96}	C ₅	A = 25.2x ^{0.96}	A = 62.1x ^{1.00}	C ₆ -C ₈	A = 29x ^{0.96}	A = 68x ^{0.96}	C ₉ -C ₁₂	A = 129x ^{0.96}	A = 29x ^{0.96}	C ₁₃ -C ₁₆			C ₁₇ -C ₂₅			C ₂₅₊			H ₂	A = 198x ^{0.992}	A = 614x ^{0.993}	H ₂ S	A = 32x ^{1.00}	A = 52x ^{1.00}	HF			Aromatics	A = 121.39x ^{0.8911}	A = 359x ^{0.8821}	Styrene	A = 121.39x ^{0.8911}	A = 435x ^{0.8821}
	물질	설비손상영역(ft ²)	중대사고영역(ft ²)																																								
C ₁ -C ₂	A = 43x ^{0.96}	A = 110x ^{0.96}																																									
C ₃ -C ₄	A = 49x ^{0.96}	A = 125x ^{0.96}																																									
C ₅	A = 25.2x ^{0.96}	A = 62.1x ^{1.00}																																									
C ₆ -C ₈	A = 29x ^{0.96}	A = 68x ^{0.96}																																									
C ₉ -C ₁₂	A = 129x ^{0.96}	A = 29x ^{0.96}																																									
C ₁₃ -C ₁₆																																											
C ₁₇ -C ₂₅																																											
C ₂₅₊																																											
H ₂	A = 198x ^{0.992}	A = 614x ^{0.993}																																									
H ₂ S	A = 32x ^{1.00}	A = 52x ^{1.00}																																									
HF																																											
Aromatics	A = 121.39x ^{0.8911}	A = 359x ^{0.8821}																																									
Styrene	A = 121.39x ^{0.8911}	A = 435x ^{0.8821}																																									
고압 독성가스 시설 적용성	<ul style="list-style-type: none"> • API-581의 4가지 누출유형에 따른 사고피해 결과는 고압 독성가스 시설에 적용할 수 없음 • 따라서 독성가스의 분산에 따른 피해크기는 CCPS에서 제시한 분산모델을 적용하는 것이 바람직한 것으로 판단됨 																																										

[0213]

[0214] 이상의 적용성 검토 결과를 바탕으로, 고압 독성가스 시설에 적용할 사고결과 분석방법은 API-581과 비교하여 총 6단계로 단순화 할 수 있었다.

[0215] 즉, 고압 독성가스 시설에서는 API-581의 사고결과 분석단계인 Step 1(대표물질 결정), Step 5(누출유형 결정), Step 6(유체상 결정)과 Step 8(사고 피해영역 산출)은 적용하지 않고, Step 3(누출량 산출)은 인벤토리 그룹(inventory group) 개념만 적용하며, Step 4(누출속도 산출)는 기체 누출속도만을 적용하고, Step 2(누출공 크기 선정)와 Step 7(완화시스템 등급 결정)은 그대로 적용한다. 이때, Step 5와 Step 8은 일반적으로 적용이 가능한 CCPS(Center for Chemical Process Safety, AIChE) 방법으로 대체할 수 있다.

[0216] 따라서 본 발명은 위와 같은 분석 결과를 바탕으로, 고압 독성가스 시설의 부식 위험성을 평가함에 있어서는 사고결과 분석절차로서 대상물질인 독성가스에 대해 API-581를 준용한 누출공 크기 선정, 누출량 산출 및 누출속도 산출, 대안적인 방법으로 CCPS 방법에 의한 누출유형 결정, API-581를 준용한 완화시스템 등급 결정, 그리고 대안적인 방법으로 CCPS에 의한 사고 피해영역 산출의 6단계를 제안한다. 도 6에는 위와 같은 API-581의 사고결과 분석 방법(Step 1 ~ Step 8)과, 이를 바탕으로 한 본 발명의 고압 독성가스 시설 적용 사고 결과분석 방법을 나타내었다.

[0217] 구체적으로, 고압 독성가스 시설을 대상으로 하는 부식 위험성(위험도) 평가 단계는, a) 부식사고 가능성을 평가하는 단계; b) 부식사고 결과를 평가하는 단계; 및 c) 상기 a)와 b)에서 평가된 결과를 이용하여 부식 위험도를 수치로 산출하는 단계를 포함하되, 상기 b) 부식사고 결과를 평가하는 단계는 전술한 바와 같은 6단계를 포함한다.

[0218] 구체적으로, 상기 b) 부식사고 결과를 평가하는 단계는, API-581 및 CCPS(Center for Chemical Process Safety)을 근거(참조)로 하되, 1) 설비의 누출공 크기를 선정하는 단계, 2) 독성가스의 누출량을 산출하는 단계, 3) 독성가스의 누출속도를 산출하는 단계, 4) 독성가스의 누출지속시간을 기준으로 누출 유형을 결정하는 단계; 5) 완화시스템 등급을 결정하는 단계, 및 6) CCPS에서 제시한 분산모델을 적용하여 사고 피해영역을 산출하는 단계를 포함하는 6단계를 통해 수치로 평가하는 것이 바람직하다. 즉, 상기 수학적 C(부식사고 결과 평

가지수)는 위와 같은 6단계를 통해 임의의 수치로 산출하는 것이 바람직하다.

[0219] 또한, 상기 a) 부식사고 가능성을 평가하는 단계는 앞서 설명한 바와 같은 방법으로 평가할 수 있다. 즉, 상기 수학적식 F(부식사고 가능성 평가지수)는 예를 들어 API-571, API-580 및/또는 API-581 등의 자료를 근거(참고)로 하여 수치(연간 회수)로 평가될 수 있다. 그리고 상기 c) 부식 위험도를 수치로 산출하는 단계는 상기 a)와 b)에서 평가된 F(부식사고 가능성 평가지수)와 C(부식사고 결과 평가지수)를 이용하여, 상기 수학적식을 통해 산출할 수 있다.

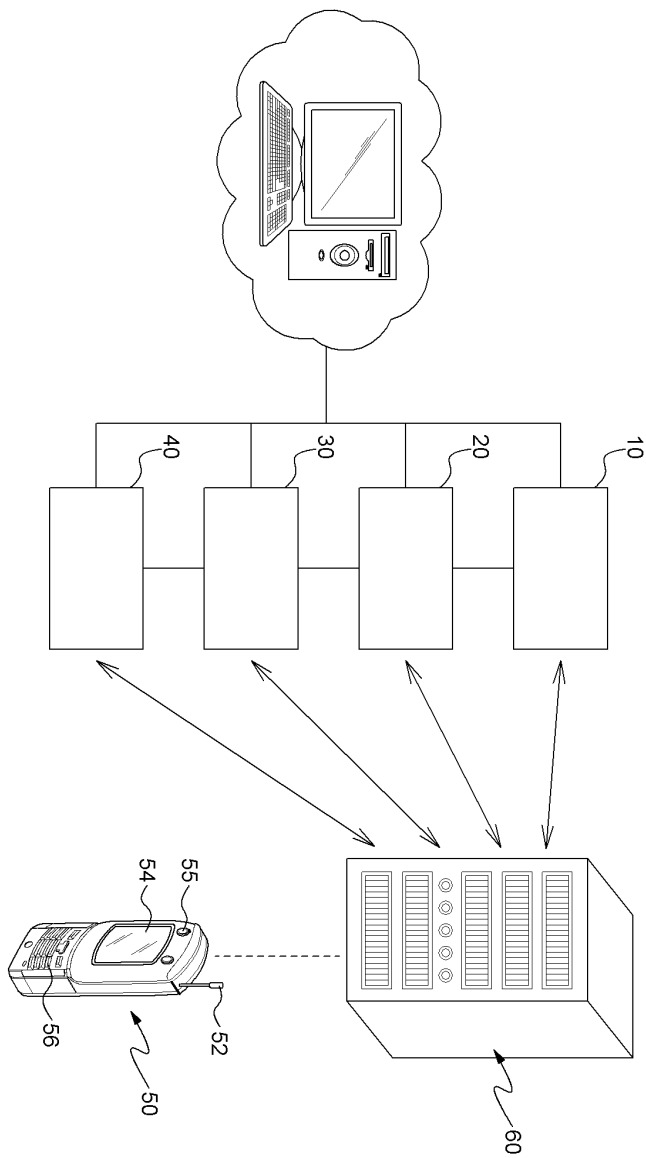
[0220] 본 발명에 따르면, 위와 같은 사고 결과분석 절차에 의해 독성가스 시설의 사고피해 크기를 산출하고, 독성가스 사고의 주요 원인 중의 하나인 부식에 대한 사고발생 가능성을 해석함으로써 독성가스 시설의 위험을 최소화하는데 필요한 안전기술을 정립하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

부호의 설명

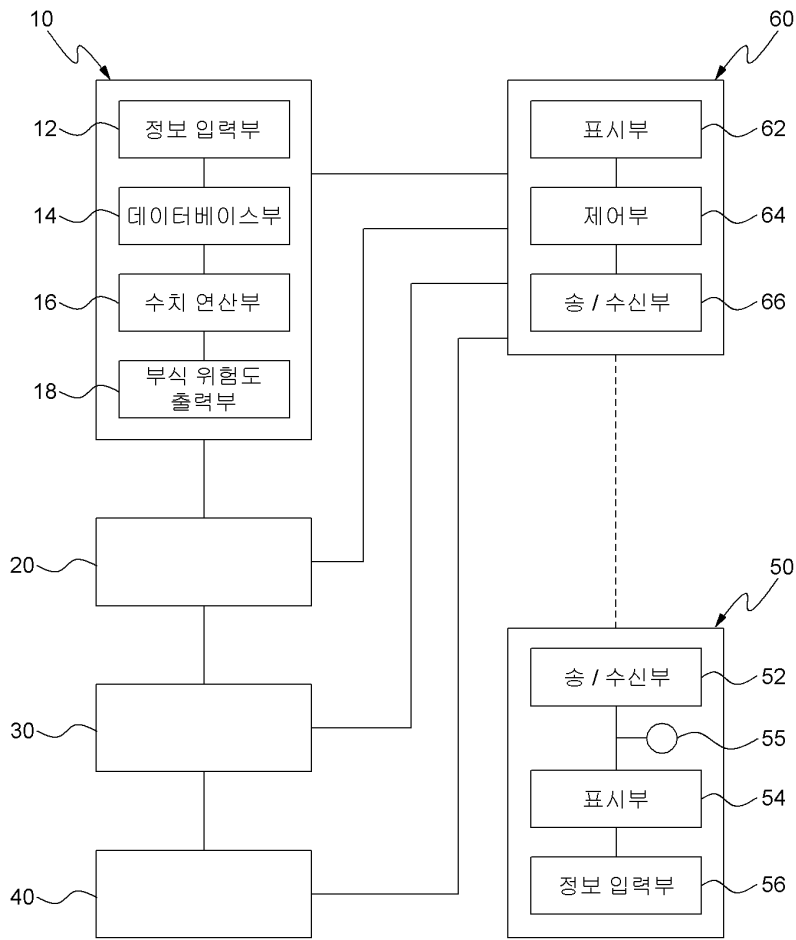
- [0221]
- | | |
|-------------------|-------------------|
| 10 : 부식 위험성 평가 틀 | 20 : 부식 위험등급 평가 틀 |
| 30 : 설비-위험등급 매칭 틀 | 40 : 잔여 수명 평가 틀 |
| 50 : 휴대용 단말기 | 52 : 송/수신부 |
| 54 : 표시부 | 55 : 알람부 |
| 56 : 정보 입력부 | 60 : 메인 서버 |

도면

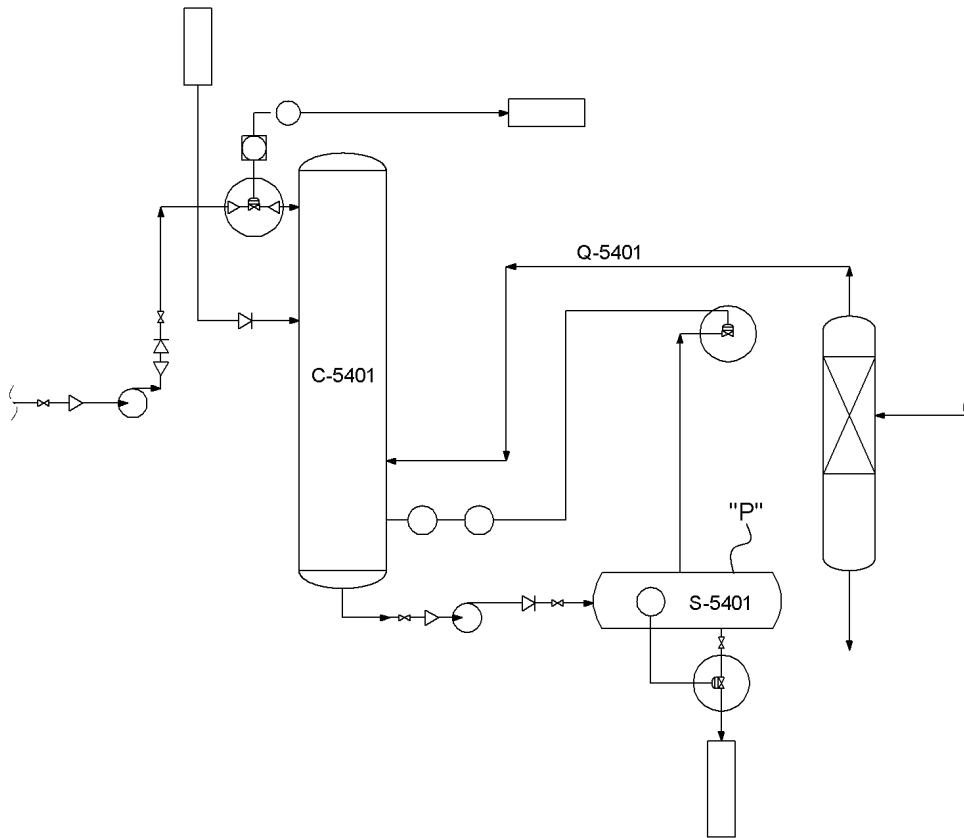
도면1



도면2



도면3



도면4

부식 위험도	부식 위험등급
1 2 · · 5	A
6 7 · · 10	B
11 12 · · 15	C
16 17 · · 20	D

도면5

설비	부식 위험등급
C-5401	A
Q-5401	B
S-5401	D
•	•
•	•
•	•
•	•
•	•
•	•
•	•
•	•

도면6

