

2022년도 한국가스학회 가을 학술대회

- 일시 : 2022년 11월 17일(목) -18일(금) (2일간)
- 장소 : 더케이호텔 경주

2022년 한국가스학회 가을 학술대회 대회조직위원회

회장: 정희용(한국도시가스협회)

총괄위원장: 이근원(아주대학교)

조직위원장: 김의수(한국교통대학교)

조직위원

부회장

한정옥(한국가스공사)	양영근(한국가스신문사)	이정환(전남대학교)	이광원(호서대학교)
김창기(한국기계연구원)	채충근(미래기준연구소)	박영권(한국가스공사)	문종삼(에너지기술평가원)
신동일(명지대학교)	유방현(한국가스안전공사)	손현익(경동도시가스)	이창언(인하대학교)
노대용(삼성전자)			

이사

김상상(가천대학교)	김태호((주)셀아이웍스)	신창훈(한국가스공사)	권현길(한국교통대학교)
강승규(한국가스안전공사)	방부형(경기과학대학교)	손한암(부경대학교)	황준영(GS칼텍스)
유선일(DNV)	고재필(한국가스공사)	왕지훈(한양대학교)	유병태(한국교통대학교)
임옥택(울산대학교)	김영균(한국가스공사)	이영수(전북대학교)	조규선(호서대학교)
한우섭(안전보건공단)	심진욱(태성에스엔이)	권순일(동아대학교)	박진남(에너지기술평가원)
김동민(한국가스공사)	임강민(ATG)	정돈영(한국아이티오)	강웅(한국표준과학연구원)
박윤철(제주대학교)	신원협((주)엔케이)	전진만(E1)	최승희(한국가스공사)
홍기훈(고등기술연구원)	최인수(에너지신문)	한정철(한국LPG산업협회)	박병흥(한국교통대학교)
강찬규(한경대학교)	채제용(이투뉴스)	송민호(한국가스기술공사)	문흥만((주)에이원)
이선엽(한국기계연구원)	조남준(에너지데일리)	홍성경(한국가스공사)	이동훈(한국가스안전공사)
장호창(강원대학교)	남궁윤(한국가스공사)	김진국(한양대학교)	이정순(한국표준과학연구원)
최성웅(경상국립대학교)	박영구(에너지토피아)	조정호(공주대학교)	양영명(동화엔텍)
이재훈(한국가스안전공사)	장현국(KEI컨설팅)	황주석(서울도시가스)	김영근(한국가스공사)
이승환(한국교통대학교)	조안오(한국에너지재단)	정인철(에스코)	손승길(경동나비엔)
정승호(아주대학교)	전재완(경북대학교)	정순환(부산도시가스)	서정대(화성밸브)
이철진(중앙대학교)	허관희(한국교통대학교)	정기선(해양도시가스)	정현택(대성계전)
채정민(한국가스공사)	조승현(동양미래대학교)	서정철(삼천리)	우성민(삼중테크)
김동현(렉터스)	양원백(송실사이버대학교)	우재화((주)JB)	김범수(한국도시가스협회)
박경태(숙명여자대학교)	김성민(한양대학교)	이형섭(명지대학교)	김민섭(삼성전자)
오정석(한국가스안전공사)	장기현(인하대학교)	김태훈(호서대학교)	

감 사 : 하동명(세명대학교) 박태영(우리회계법인)

한국가스학회 2022 가을 학술대회 일정표

▶ 11월 17일(목)

시간	A 발표장 (가야금A)	B 발표장 (가야금B)	C 발표장 (가야금C)	D 발표장 (가야금D)	E 발표장 (거문고B)	F 발표장 (거문고A)	포스터발표
12:00~18:00	등록(2F 등록데스크)						
13:00~17:00	특별세션 1	특별세션 2	특별세션3	일반세션 분과별 구두발표	특별세션4	특별세션5	포스터발표 P1 - P66
	연구실 안전	수소 전주기 안전관리	수소 설비 공정해석 및 안전성 진단		수소저장시 스템 안전 설계 및 평가	도시가스	
			일반세션				
	coffee break						
17:20~18:00	2F 거문고B	개회식 및 정기총회					
18:10~	2F 거문고C	간담회					

▶ 11월 18일(금)

시간	A 발표장 (가야금A)	B 발표장 (가야금B)	C 발표장 (가야금C)	D 발표장 (가야금D)	E 발표장 (거문고B)
8:30~12:30	등록(2F 등록데스크)				
9:00~12:45	일반세션	일반세션	일반세션	일반세션	특별세션 6
	분과별 구두발표	분과별 구두발표	분과별 구두발표	분과별 구두발표	LNG병커링 및 이용기술

※ 코로나19 상황에 따라 일정이 변경될 수 있습니다.

A발표장

A-1	· 주제: 특별세션1. 연구실 안전 · 일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~17:00
A-2	· 주제: 일반세션. 수소 및 신재생가스 · 일시: 2022년 11월 18일(금), 09:00~12:45

A-1.

특별세션1. 연구실 안전

A발표장(가야금A)		2022년 11월 17일(목), 13:00~17:00	
좌장 : 한호규(한국연구실안전전문가협의회)			page
	13:00-13:10 (10')	환영사 김태욱 회장 한국연구실안전전문가협의회	
A01	13:10-14:10 (60')	연구안전 직무 및 조직 개선에 관한 연구 송영호 , 김영만, 김태수, 박갑동, 한호규, 김태욱 한국연구실안전전문가협의회	37
A02	14:10-14:40 (30')	화학물질의 성상별 분리 보관 기준에 관한 연구 이근원* , 유나린, 김민지, 이진백, 김용필**, 송영호** 아주대학교 환경공학과, *아주대학교 환경안전공학과, **(주)되고시스템	38
A03	14:40-15:00 (20')	연구실 독성가스 사용시설 설계 및 적용 사례 황원 , 임현중, 장원영 한국과학기술원 재난안전본부	39
A04	15:00-15:20 (20')	KIMM 안전보건관리체계 구축 사례 김경천 , 정기연, 류동철, 문다은, 신혜정, 한옥란 한국기계연구원 안전보건실	40
A05	15:20-15:40 (20')	KRICT 안전보건활동 우수사례 한운동 한국화학연구원 안전보건실	41
	15:40-16:00 (20')	coffee break	
	16:00-16:20 (20')	연구실 안전 관련 현안 문제에 대한 토론	

A-2. 수소 및 신재생가스 - 수소생산

A발표장(가야금A)		2022년 11월 18일(금), 09:00~12:45	
좌장 : 염지웅(한국가스안전공사 가스안전연구원)			page
A06	09:00-09:15 (15')	암모니아 열분해 수소추출 파일럿 플랜트 개발 및 실증 이치균 , 최낙운, 김상엽, 오대환, 노은수, 김용훈, 김부성, 김집 롯데정밀화학	42
A07	09:15-09:30 (15')	대용량 수소 모빌리티용 실시간 충전 프로토콜 개발 채충근 , 최재우*, 강승규**, 박병홍***, 김연수****, 이수현 (주)미래기준연구소, *포항공과대학교, **한국가스안전공사, ***한국교 통대학교, ****광운대학교	43
A08	09:30-09:45 (15')	저온 수전해 시스템에서 가스 혼합의 원인, 문제 그리고 해결 방안 노치우 한화솔루션 수소기술연구센터	44
A09	09:45-10:00 (15')	그린수소 생산의 경제성에 관한 고찰 박가우, 권병규, 구정웅 , 우민우 (주)지필로스	45
A10	10:00-10:15 (15')	탄소 중립 실현을 위한 계통 연계형 알칼라인 수전해 기술 이해인 , 김희수, 임동하 한국생산기술연구원	46
A11	10:15-10:30 (15')	신기술 수소 제조설비 운전특성 분석 및 위험요소 도출 권준엽 , 이재진, 염지웅, 추지안, 이정운 한국가스안전공사 가스안전연구원	47
A12	10:30-10:45 (15')	암모니아 기반 수소추출설비 안전기준 개발을 위한 위험요소 분석 염지웅 , 조유림, 추지안, 이정운 한국가스안전공사 가스안전연구원	48
	10:45-11:00 (15')	coffee break	

A-2.

수소 및 신재생가스 - 수소활용

A발표장(가야금A)		일시: 2022년 11월 18일(금), 09:00~12:45	
좌장 : 최재욱(한국가스안전공사 가스안전연구원)			page
A13	11:00-11:15 (15')	STX에너지솔루션의 고체산화물 연료전지 기술 개발 및 향후 사업화 계획 이동원 , 박승환, 허준행 STX 중공업	49
A14	11:15-11:30 (15')	선박용 연료전지 기준안(잠정)에 따른 연료전지 설계 곽대연 범한퓨얼셀	50
A15	11:30-11:45 (15')	이동형 시스템 및 자전거용 고분자전해질막연료전지 스택 소개 나일채 (주)씨엔엘에너지	51
A16	11:45-12:00 (15')	데이터센터용 고온 고분자연료전지 기반 삼중열병합 시스템의 탄소 배출량 저감 효과 시뮬레이션 분석 함성현 , 강태성, 김민진 한국에너지기술연구원	52
A17	12:00-12:15 (15')	이동형 연료전지 활용처별 안전기준 부합화 방향 연구 조인록 , 최재욱, 이정운 한국가스안전공사 가스안전연구원	53
A18	12:15-12:30 (15')	굴착기용 이동형 연료전지 KGS CODE 제품기준 개발 연구 최재욱 , 조인록, 이정운 한국가스안전공사 가스안전연구원	54
A19	12:30-12:45 (15')	가온셀의 연료전지 기술개발 현황 황상문 , 정은미, 심태희, 이상수 (주)가온셀	55

B발표장

B-1	· 주제: 특별세션 2. 수소 전주기 안전관리 강화 · 일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~16:45
B-2	· 주제: 일반세션. 안전환경/용기배관/LP/산업가스/도시가스 · 일시: 2022년 11월 18일(금), 09:00~11:45

B-1.

특별세션2. 수소 전주기 안전관리 강화

B발표장(가야금B)		일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~17:00	
좌장 : 김의수(한국교통대학교)			page
B01	13:00-13:15 (15')	수소충전소 법정계량 표준모델 개발을 위한 법정검사 부적합 사례 연구 김병희 한국가스안전공사 수소안전기술원	59
B02	13:15-13:30 (15')	수소전기차용 타입IV 용기라이너의 수소투과성에 관한 실험적 연구 조성민, 전호병, 김완진* , 배민관*, 황복찬, 정찬호, 서민형, 심희준, 장문석 한국가스안전공사, 주식회사 대하*	60
B03	13:30-13:45 (15')	현장제조형 암모니아 수소추출설비 안전기준 개발 연구 정재환 , 이문재, 박용석, 최재욱, 염지웅 한국가스안전공사	61
B04	13:45-14:00 (15')	수소고압용기 투과시험방법에 관한 고찰 배민관 , 김완진, 우승빈, 허기 주식회사 대하	62
B05	14:00-14:15 (15')	수소충전소 실시간 모니터링 효과 분석을 통한 과충전 예방 및 법정계량 표준모델 개발 방안 고찰 선지운 , 김상준, 박용석 한국가스안전공사 수소안전기술원	63
B06	14:15-14:30 (15')	Type4 복합재 용기 적용 수소 튜브 트레일러 Skid Frame의 설계와 성능평가 신원협 , 박제완, 황재형, 김의수* (주)엔케이, 한국교통대학교 안전공학전공*	64
B07	14:30-14:45 (15')	수소 안전관리 10대 핵심기술 개발 추진 현황 김현진 한국가스안전공사 수소안전기술원	65

B-1.

특별세션2. 수소 전주기 안전관리 강화

B발표장(가야금B)		일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~17:00	
좌장 : 김의수(한국교통대학교)			page
B08	14:45-15:00 (15')	고압가스 운송용 튜브 트레일러 및 MEGC의 안전요건 및 성능 평가 김민석, 남재형, 한준희, 김의수* (주)한화솔루션 케미칼 부문, 한국교통대학교 안전공학전공*	66
B09	15:00-15:15 (15')	수소충전소 안전성 확보를 위한 수소버스·충전소 부품시험 평가센터 건립 이영주, 이주성 한국가스안전공사 수소안전기술원	67
B10	15:15-15:30 (15')	수소시설 현황 및 안전성 분석 박우일 한국가스안전공사 수소안전기술원	68
	15:30-15:45 (15')	Break Time	
	16:45-16:45 (15')	수소안전커뮤니케이터 토론 (비공개)	

B-2.

안전환경/용기배관/LP/산업가스/도시가스

B발표장(가야금B)		2022년 11월 18일(금), 09:00~11:45	
좌장 : 이창언(인하대학교)			page
B11	09:00-09:15 (15')	1 MWe급 액체 공기 발전 공정의 설계와 운영 방안 이춘식 , 윤문규, 염충섭 고등기술연구원	69
B12	09:15-09:30 (15')	도심형 LNG 발전소에서 연소 후 배기가스 내 이산화탄소 액화 공정 설계 이춘식 , 조성수, 최창식 고등기술연구원	70
B13	09:30-09:45 (15')	매립지가스 이산화탄소 포집에 의한 발전용 엔진 효율 향상 연구 최민국 , 김현수*, 박정현*, 최성운*, 이대엽* 시흥도시공사, *인하대학교	71
B14	09:45-10:00 (15')	모노에탄올아민을 이용한 이산화탄소 포집 및 머신러닝을 이용한 용해도 예측 연구 김현수 , 박정현, 최성운, 최민국*, 이대엽 인하대학교, *시흥도시공사	75
B15	10:00-10:15 (15')	도시가스배관 안전관리 사각지대 해소를 위한 도시가스 안전관리 기준 통합고시 공동주택등의 확대적용 기준 개선 연구 최영주 , 이경식, 유근준 한국가스안전공사 가스안전연구원	79
B16	10:15-10:30 (15')	휘발성유기화합물 흡착 및 탈착 특성에 따른 흡착필터 설계 전동환 , 이지은, 신은주, 민흥기, 정석우, 박훈민* 고등기술연구원, (주)이엠솔루션*	80
B17	10:30-10:45 (15')	유해화학물질 사외배관의 차량충돌 방호설계 기준 마련에 대한 연구 안승호 , 오세현, 문명환*, 마병철*, 정창복** 전남대학교 화학공학과, *전남대학교 화학공학부, **에스디플러스 주식회사	81

B-2.

안전환경/용기배관/LP/산업가스/도시가스

B발표장(가야금B)		2022년 11월 18일(금), 09:00~11:45	
좌장 : 이창언(인하대학교)			page
B18	10:45-11:00 (15')	수소 운송 배관의 운전조건 및 사고하중하 균열 안전성 평가 절차 서기완 , 구희서, 김윤재, 김훈태*, 김기석** 고려대학교 기계공학과, *한국수력원자력 중앙연구원, **포스코 철강솔루션연구소	82
B19	11:00-11:15 (15')	직접분사식 엔진에서 LPG와 NH3의 전소에 따른 연소 특성 비교 장용훈 , 안명근*, 박철웅*, 민찬기** 전북대학교, 한국기계연구원*, 현대자동차**	83
B20	11:15-11:30 (15')	수소충전소 방호벽 안전성 검증 및 향상을 위한 실증시험 연구 양윤영 , 이주현, 조재근, 김광석 한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터	84
B21	11:30-11:45 (15')	신규 가스를 고려한 환경 규제 관련 기존 연소 계산법의 검토 하우석 , 박태준, 이창언 인하대학교 기계공학과	85

C발표장

C-1	· 주제: 특별세션3. 수소 설비 공정해석 및 안전성 진단 · 일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~15:30
C-2	· 주제: 일반세션. 안전환경 · 일시: 2022년 11월 17일(목), 15:40~17:10
C-3	· 주제: 일반세션. 수소 및 신재생가스 · 일시: 2022년 11월 18일(금), 09:00~11:45

C-1.

특별세션3. 수소 설비 공정해석 및 안전성 진단

C발표장(가야금C)		일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~15:30	
좌장 : 신상봉(한국가스기술공사)			page
C01	13:00-13:20 (20')	수소충전소 디지털 전환을 통한 설비 건전성 관리 및 안전성 사전진단 방법 이진우 , 최진혁, 신상봉, 한종일 한국가스기술공사	89
C02	13:20-13:40 (20')	Simulink 기반 수소충전소 공정해석 프로그램의 Standalone 보급방안에 대한 연구 이동현 , 이수현, 채충근 (주)미래기준연구소	90
C03	13:40-14:00 (20')	수소 충전소 및 수소 충전 과정의 열역학적 분석 박병홍 한국교통대학교 화공생명공학전공	91
C04	14:00-14:20 (20')	액화수소충전소 동적 시뮬레이션을 위한 공정모델링 김지영 , 이창열, 김용운, 최대한 에이블맥스(주)	92
C05	14:20-14:40 (20')	액화 수소충전소에 대한 LOPA 적용 방법 고찰 이충현 , 이광원*, 서두현**, 이동민***, 김현기***, 신단비***, 김태훈*** 호서대학교 안전행정공학과, **호서대학교 안전소방학부, ***피에스피, 호서대학교 안전공학과, ***호서대학교 안전공학과	93
C06	14:40-15:00 (20')	수소충전소 설계 및 운전 안전성 평가프로그램 국외 기술 동향 분석 강석민 , 최정환*, 서재민 (주)세이프티아	94
	15:00-15:30 (30')	종합토론	

C-2.

안전환경

C발표장(가야금C)		일시: 2022년 11월 17일(목), 15:40~17:10	
		좌장 : 박명남((주)스페이스)	page
C07	15:40-15:55 (15')	전자업종 산/알칼리 공급 시스템에 대한 계통 설계에 의한 과압 보호 검토 예대성, 오경석, 정으뜸, 김영한, 이수희 삼성전자	95
C08	15:55-16:10 (15')	가스·수소 시설의 스마트 이상감지 및 진단 시스템 기술동향 박명남 , 김병권*, 홍기훈**, 신동일*** (주)스페이스, *충북테크노파크 혁신사업팀, **고등기술연구원 플랜트공정개발센터, ***명지대학교 화학공학과	96
C09	16:10-16:25 (15')	가스사고조사 업무 자동화를 위한 YOLO 및 CNN 기반 로봇비전 알고리즘 개발 이우귀연 , 이다슬, 홍승운 한국가스안전공사	97
C10	16:25-16:40 (15')	플라스틱 분진의 정전기 착화 위험성 평가 한우섭 , 서동현, 최이락 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원	98
C11	16:40-16:55 (15')	초음파 탐지기술을 활용한 가스누출 신속 감지 기술 개발에 대한 연구 이준혁 , 노호성, 박병준 한국화재보험협회 부설 방재시험연구원	99
C12	16:55-17:10 (15')	AI 영상인식 기반의 가스누출 감지 기술 개발에 대한 연구 노호성 , 이준혁, 박병준 한국화재보험협회 부설 방재시험연구원	100

C-3.

수소 및 신재생가스

C발표장(가야금C)		2022년 11월 18일(금), 09:00~11:45	
좌장 : 강승규(한국가스안전공사), 오정석(한국가스안전공사)			page
C13	09:00-09:15 (15')	강관의 굽힘 및 압축하중 하에서 자성(Magnetization)과 변형률의 상관관계 연구 최원목, 고재필, 권순길, 장윤찬 한국가스공사 가스연구원	101
C14	09:15-09:30 (15')	LH2 멤브레인 저장탱크 인수기지 공정 전산 시뮬레이션을 통한 BOG 발생 거동 분석 김동혁, 이영범, 서흥석, 권용수, 박창원, 권휘웅 한국가스공사 가스연구원	102
C15	09:30-09:45 (15')	선박용 액화수소 저장탱크 제조에 필요한 추가 안전기준 분석 이동현, 강승규, 오정석 한국가스안전공사 가스안전연구원	103
C16	09:45-10:00 (15')	다양한 진공단열방법 소개 및 액체수소저장설비 적용 방안 이영범, 서흥석, 김동혁, 모용기, 권용수, 박창원, 권휘웅 한국가스공사 가스연구원	104
C17	10:00-10:15 (15')	수소충전소 계량시스템 추가 및 검사장비 실증 위험성 파악 장현우, 이화영, 이재훈 한국가스안전공사 가스안전연구원	105
C18	10:15-10:30 (15')	PAUT 절차서 검증을 위한 시험편 조사 및 분석 김민주, 김정환, 이민경, 이재훈 한국가스안전공사 가스안전연구원	106
C19	10:30-10:45 (15')	수소기술 국제표준화 성과 및 최신동향 강승규, 김혜림 한국가스안전공사 가스안전연구원 수소연구실	107

C-3.

수소 및 신재생가스

C발표장(가야금C)		2022년 11월 18일(금), 09:00~11:45	
좌장 : 강승규(한국가스안전공사), 오정석(한국가스안전공사)			page
C20	10:45-11:00 (15')	액화수소 저장 및 운송 기술 연구 조총희, 황봄찬, 김현정, 오정석, 유방현 한국가스안전공사 가스안전연구원	108
C21	11:00-11:15 (15')	수소용기 충전시스템 안전성 평가에 관한 연구 김부승, 조총희, 오정석 한국가스안전공사 가스안전연구원	109
C22	11:15-11:30 (15')	정량적 위험성평가 틀을 활용한 수소충전소 안전영향평가 분석 김동환, 조총희 한국가스안전공사 가스안전연구원	110
C23	11:30-11:45 (15')	수소 혼입 시 도시가스 배관의 1차원 동적 열유동 해석 김지영, 이창열, 이정호, 심정연 에이블맥스(주)	111

D발표장

D-1	· 주제: 일반발표. 수소 및 신재생가스/자원 · 일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~17:10
D-2	· 주제: 일반발표. 천연가스/정책 · 일시: 2022년 11월 18일(금), 09:00~12:00

D-1.

수소 및 신재생가스

D발표장(가야금D)		일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~17:10	
좌장 : 남궁윤(한국가스공사)			page
D01	13:00-13:15 (15')	글로벌 그린수소 생산비용 인하 요인 분석 남궁윤 한국가스공사 경제경영연구소	115
D02	13:15-13:30 (15')	수소생산공정의 CO₂ 배출처 및 포집기술 적용 분석 우경택, 김봉규, 소영석, 백문석, 박승수, 정혜진 한국가스공사	116
D03	13:30-13:45 (15')	바이오가스 이용 그린수소충전소 운전성능 평가 송형운, 김환, 위수빈, 김형래 고등기술연구원	117
D04	13:45-14:00 (15')	바이오가스 이용 수소생산 및 활용에 대한 경제성 분석 송형운, 홍기훈, 윤성필, 김예원 고등기술연구원	118
D05	14:00-14:15 (15')	도시철도 현장 수소전기차용 수소충전소 설치 관련 기준 분석 백지효, 김정훈, 이경식 한국가스안전공사 가스안전연구원	119
D06	14:15-14:30 (15')	수소 생산을 위한 바이오가스 하이브리드 플라즈마-촉매 개질에 대한 연구 김환, 위수빈, 황상연, 송형운 고등기술연구원	120
D07	14:30-14:45 (15')	도시가스 배관 내 수소 혼입 기대효과와 해결과제 윤영기, 한원국, 유상원, 류영조, 곽채식 한국가스안전공사	121
D08	14:45-15:00 (15')	수소충전소 실시간 모니터링을 통한 위험등급평가에 관한 연구 송유라, 김동환, 조중희 한국가스안전공사 가스안전연구원	122
	15:00-15:10 (10')	coffee break	

D-1. 자원

D발표장(가야금D)		일시: 2022년 11월 17일(목), 15:10~17:10	
좌장 : 손한암(부경대학교), 왕지훈(한양대학교)			page
D09	15:10-15:25 (15')	극한지 고점성 원유 생산성 증대를 위한 생산설계 개선 연구 조성학 , 송차영, 강인구, 이정환 전남대학교 에너지자원공학과	123
D10	15:25-15:40 (15')	불균질 저류층을 대상으로 한 NWAG 공법의 민감도 분석 박혜리* , 고승모*, 장호창** 강원대학교 에너지자원융합공학과, *강원대학교 에너지공학부	124
D11	15:40-15:55 (15')	석탄가스화에서 발생하는 불순물이 포함된 이산화탄소의 지중저장 효율 평가 고승모* , 박혜리* , 이용석**, 양시준**, '장호창**' 강원대학교 에너지자원융합공학과, *강원대학교 에너지공학부	125
D12	15:55-16:10 (15')	물리검층 분석변수 처리를 통한 딥러닝 기반 투과도 예측모델 성능 개선 연구 김민수 , 안유빈, 김도영, 김재윤, 권순일 동아대학교 환경에너지공학부 미래에너지공학전공	127
D13	16:10-16:25 (15')	기계학습 기반 CO ₂ -EOR+ 시 생산정 전환을 통한 다목적 최적화 나윤수 , 송영수, 전성준, 김규현, 김동현, 왕지훈* 한양대학교	128
D14	16:25-16:40 (15')	괴탄을 활용한 시뮬레이션 연계 CH ₄ 확산계수 도출 및 생산모시 실험 연구 김동현 , 오유빈, 이영수, 전북대학교	129
D15	16:40-16:55 (15')	Analysis of Intake Plugging Effects on Electrical Submersible Pump (ESP) Operation Using Nodal Analysis. Joseph Iranzi , 손한암, 왕지훈* 부경대학교, *한양대학교	131
D16	16:55-17:10 (15')	해외 CCS 법령의 기술적 해석을 통한 국내 CCS 규정 제안 및 현장 적용 김동현 , 송영수, 전성준, 김규현, 나윤수, 왕지훈 한양대학교	132

D-2.

천연가스/정책

D발표장(가야금D)		2022년 11월 18일(금), 09:00~12:00	
좌장 : 한정옥(에이블랙스), 이근원(아주대학교)			page
D17	09:00-09:15 (15')	Synergi Gas를 활용한 광주지역 도시가스 배관망의 수소 혼입에 따른 압력손실 변화 고찰 이종수 , 정기선*, 이주호*, 김갑열*, 유선일** 이노비아이솔루션(주), *(주)해양에너지, **DNV	134
D18	09:15-09:30 (15')	Synergi Gas를 활용한 고압 천연가스 배관의 수소혼입에 따른 배관 압력손실에 대한 해석적 연구 주경민 , 임노현, 이종수, 유선일* 이노비아이솔루션(주), *DNV	135
D19	09:30-09:45 (15')	Synergi Gas를 활용한 광주지역 도시가스 배관망의 공급지점별 수소 혼입률 차이에 따른 지역별 수소 혼입률 변화에 대한 해석적 연구 임노현 , 정기선*, 윤영우*, 유선일** (주)이노비아이솔루션, *(주)해양에너지, **DNV	136
D20	09:45-10:00 (15')	액화공기 에너지 저장 시스템의 소비 전력 절감을 위한 액화천연가스 냉열활용에 대한 연구 윤문균 , 이춘식, 염충섭 고등기술연구원	137
D21	10:00-10:15 (15')	중장기 천연가스 수요전망모형 이성로 한국가스공사 경제경영연구소	138
D22	10:15-10:30 (15')	대기식 LNG 기화기의 열 유동 방법론 연구 이성우 , 최성용 경상국립대학교	139
D23	10:30-10:45 (15')	LNG 펌프용 극저온 구름베어링의 기술 개발 동향 및 산업 발전 방향 이용복 , 이영도*, 광원일*, 이전국 *한국과학기술연구원 청정신기술연구본부, 연한대학대학원 에너지융합	140

D-2. 천연가스/정책

D발표장(가야금D)		2022년 11월 18일(금), 09:00~12:00	
좌장 : 한정옥(에이블맥스), 이근원(아주대학교)			page
D24	10:45-11:00 (15')	LNG 펌프 베어링의 마찰토크 측정을 통한 결함 진단 방법과 실험적 연구 이영도* , 곽원일, 이전국, 이용복 과학기술연합대학원대학교 에너지환경융합학과, *한국과학기술연구원 청정신기술연구본부	141
D25	11:00-11:15 (15')	LNG터미널 플랜트에서 사고빈도 분석에 관한 연구 이근원 , 방부형*, 박소민, 안광재, 민미미 아주대학교 환경안전공학과, *경기과학기술대학교 건축소방안전학과	142
D26	11:15-11:30 (15')	LNG CCS의 단열소재의 특성에 따른 슬로싱 충격 압력 변화 임기호 , 이영범, 김영균, 장범선*, 주한백*, 권창섭** 한국가스공사 가스연구원, *서울대학교 조선해양공학과, **선박해양플랜트연구소(前삼성중공업)	143
D27	11:30-11:45 (15')	난방용 에너지의 탄소중립 방안 송형상 한국가스공사	144
D28	11:45-12:00 (15')	10차 전력수급기본계획에 내재된 장기 불확실성과 LNG의 영향 김낙균 한국가스공사 경제경영연구소 ESG경영연구팀	145

E발표장

E-1	· 주제: 특별세션4. 수소저장시스템 안전 설계 및 평가 · 일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~17:20
E-2	· 주제: 특별세션6. LNG병커링 및 이용기술 · 일시: 2022년 11월 18일(금), 09:00~11:20

E-1.

특별세션5. 수소저장시스템 안전 설계 및 평가

E발표장(거문고B)		일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~17:00	
좌장 : 김한상(가천대학교)			page
E01	13:00-13:20 (20')	모빌리티용 극저온 수소 저장시스템 및 충전기술 최용남 원자력연구원	149
E02	13:20-13:40 (20')	액화수소용 초저온 탱크의 안전확보 설계기술에 관한 연구 동향 김대성, 김경수, 임동우, 홍성호, 차건종*, 김경천** (주)크리오스, *㈜대창솔루션, **부산대학교	150
E03	13:40-14:00 (20')	가압 수소의 유체 거동에 대한 수치해석 최성웅*, 최안철*, 이성우*, 김한상** *경상국립대학교 기계시스템공학과, **가천대학교 기계공학과	151
E04	14:00-14:20 (20')	최적화 프로세스를 통한 Type 4 수소저장용기 최적 설계 및 구조해석 김건우, 김한상 가천대학교 기계공학과	152
	14:20-14:40 (20')	coffee break	
E05	14:40-15:00 (20')	수소충전소용 100 MPa급 초고압저장용기(Type-1) 제조기술 및 사용수명 평가 오용록, 정현준, 지현준 (주)에테르씨티	153
E06	15:00-15:20 (20')	수소충전소용 Type 1 수소저장용기 기밀부 형상에 따른 구조적 성능 연구 최인호, 김한상† 가천대학교 기계공학과	154
E07	15:20-15:40 (20')	AET 기법을 이용한 수소충전소 운전중 수소저장용기 안전진단 김광복, 김봉기, 김운경, 이상범 (주)아이디케이 기술연구소	155
E08	15:40-16:00 (20')	수소 압력용기 충전소 가동중 재검사를 위한 AE/PAUT 연계 재검사 타당성 분석 조혜진, 이민경, 김민주, 이재훈 한국가스안전공사 가스안전연구원	156

E-2.

특별세션6. LNG빙커링 및 이용기술

E발표장(거문고B)		2022년 11월 18일(금), 09:00~11:20	
			좌장 : 임옥택(울산대학교) page
E12	09:00-09:20 (20')	빙커링용 고망간강 Type C LNG Cargo Tank 개발 변정환 , 김형천, 차건종, 김대성, 김기동*, 모용기* ㈜대창솔루션, *한국가스공사	157
E13	09:20-09:40 (20')	친환경 연료차량용 고정밀 레벨계측장치 연구 정종민 , 이채호, 손원무, 이동현 한라IMS(주)	158
E14	09:40-10:00 (20')	LNG FGSS 및 빙커링 시험인증 설비 소개 전수성 KOMERI 가스연료기술센터 극저온시스템연구팀	
E15	10:00-10:20 (20')	LNG 추진선의 MTT(Multiple Truck to Ship) 빙커링 모듈 개발 박성진 , 조정환, 허재영* 한준에프알, 에이피그린*	159
E16	10:20-10:40 (20')	Development of the International Standard for LNG as Marine Fuel using Truck to Ship Bunkering Cahyani Windarto, 임옥택 울산대학교	160
E17	10:40-11:00 (20')	LNG 빙커링 펌프와 LNG 빙커링 시스템에 대한 기술 동향 및 소개 문지애 제이슨버먼트	
	11:00-11:20 (20')	종합토론	

F발표장

F-1

- 주제: 도시가스
- 일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~17:20

F-1.

특별세션4. 도시가스

F발표장(거문고A)		일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~17:00	
좌장 : 손현익(경동도시가스)			page
F01	13:00-13:20 (20')	효율적인 하천횡단배관 매설심도 측정을 위한 시스템 개발 손기영 (주) 예스코	163
F02	13:20-13:40 (20')	메타버스 기반의 도시가스 안전기술교육장 개발 백영호, 주철민, 민창식 서울도시가스(주)	165
F03	13:40-14:00 (20')	CO 중독사고 예방을 위한 '가스 보일러용 사용자 설치형 유해가스 경보장치' 연구 조동현, 김진해, 최방환, 장창수, 정준수, 최준희 JB주식회사	166
F04	14:00-14:20 (20')	초정밀 차량용 가스검지기를 활용한 기밀검사 추가방안 소개 신상민, 김성태, 백우경, 배태우 (주)부산도시가스	167
F05	14:20-14:40 (20')	한·일 가스산업의 효율성 비교와 시사점 연구 노지용, 정희용 한국도시가스협회	168
	14:40-14:50 (10')	coffee break	
F06	14:50-15:10 (20')	IoT 기반의 인텔리전트 전기방식(CP) 관리시스템 연구 김용술, 김판상, 손현익 (주)경동도시가스	169
F07	15:10-15:30 (20')	인입배관 폐지/ 재사용을 위한 안전 차단 장비 개발 이창현 (주)부산도시가스	170
F08	15:30-15:50 (20')	도시가스 빅데이터 활용을 위한 표준화 방안 김동영, 김보식, 허정 한국도시가스협회	171

F-1.

특별세션4. 도시가스

F발표장(거문고A)		일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~17:00	
		좌장 : 손현익(경동도시가스) page	
F09	15:50-16:10 (20')	도시가스 장기사용 용접형 밸브 안전관리방안 고찰 양건모 (주) 예스코	172
F10	16:10-16:30 (20')	가스 원격검침 단말기(통신중계기) 개발 오기석, 이정환, 손현익 (주)경동도시가스	174
F11	16:30-16:50 (20')	도시가스 공급시설, XR기반 안전관리 시스템 구축 전광원, *김경만 미래엔서해에너지, *버넥트	175
F12	16:50-17:10 (20')	탄소중립을 위한 일본 도시가스업계의 메타네이션 추진현황과 국내 시사점 이한석, 방유진 한국도시가스협회	177

포스터 발표.

포스터발표장		일시: 2022년 11월 17일(목), 14:00~17:20
		좌장 : 신원협(엔케이), 김영균(한국가스공사) page
P-01	대형 프로판 엔진의 노킹에 영향을 주는 인자 분석 김용래, 최지선, 박철웅, 최영 한국기계연구원 모빌리티동력연구실	181
P-02	LPG 소형저장탱크 위험성 분석 및 대피거리 산정 이승준, 김다희, 윤종빈, 장기원, 정승호, 이근원 아주대학교 환경안전공학과	182
P-03	고온 PCM에서의 금속 재료에 따른 부식 특성 실험 연구 김예원, 박동규, 민흥기, 전동환 고등기술연구원	183
P-04	지능정보 기반 플랫폼 개발을 위한 스마트 플랜트 사례 분석 조병학, 김석순, 권휘웅 한국가스공사 가스연구원	184
P-05	스마트 플랜트 구축을 위한 지능형 설비관리 검토 조병학, 김석순, 차규상 한국가스공사 가스연구원	185
P-06	도너 & 어셉터 방식의 트레일러형 수소 충전시스템 개발 임경민, 장덕호, 김명준* 범한산업(주), *연세대학교	186
P-07	커피찌꺼기를 활용한 하이브리드 보조연료 및 수소연구 한종일, 박성수, 신상봉, 이진우, 서정수 한국가스기술공사 신에너지연구원 에너지연구소	187
P-08	수소 충전소용 Block type TPRD 2종 설계에 관한 연구 이형선, 정우석, 김영우, 이동건, 박희원, 김현수, 이치우* 디케이락(주), *경상국립대학교 자동차공학과	188

포스터 발표.

포스터발표장		일시: 2022년 11월 17일(목), 14:00~17:20
좌장 : 신원협(엔케이), 김영균(한국가스공사)		page
P-09	수소 연료전지 자동차용 Automatic Valve 설계에 관한 연구 김영우, 정우석, 이동건, 이행선, 박희원, 김현수, 이치우* 디케이락(주), *경상국립대학교 자동차공학과	189
P-10	수소 연료전지 차량 충전라인에서의 압력 강하 분석 서효민, 박병흥* 한국교통대학교 화공생명공학전공	190
P-11	수소 충전소 모사를 위한 수소 열역학적 물성 상관관계식 개발 서효민, 박병흥* 한국교통대학교 화공생명공학전공	191
P-12	전산유체 모사를 이용한 수소탱크 충전에 따른 열유동 분석 심규석, 서효민, 박병흥 한국교통대학교 화공생명공학전공	192
P-13	가스 모델 및 난류 모델에 따른 수소 충전 탱크 내 유동 비교 임가희, 서효민, 박병흥 한국교통대학교 화공생명공학전공	193
P-14	Ni 촉매를 활용한 바이오가스 수증기 개질 특성 위수빈, 김환, 황상연, 송형운 고등기술연구원	194
P-15	수소추출기 Tail gas CO ₂ 에 대한 LNG 냉열활용 직접액화 방법의 경제성 검토 소영석, 우경택, 김봉규, 차규상, 이치훈 한국가스공사 가스연구원	195
P-16	플라즈마 촉매 하이브리드 개질 반응기 특성 이동균, 송형운, 황상연, 김형래 고등기술연구원	196

포스터 발표.

포스터발표장		일시: 2022년 11월 17일(목), 14:00~17:20
		좌장 : 신원협(엔케이), 김영균(한국가스공사) page
P-17	바이오가스 직접개질을 통한 그린수소 생산 공정 모델링 및 수소생산 최적화 연구 홍기훈, 황상연, 송형운 고등기술연구원	197
P-18	고속 오존 산화 및 중화반응 습식 전기집진 장치에서의 복합대기오염 물질 처리 특성연구 홍기훈, 전동환, 엄성현 고등기술연구원	198
P-19	버너가 병합된 5Nm³/h급 촉매개질기의 바이오가스 개질 특성 김형래, 송형운, 황상연, 이동규 고등기술연구원	199
P-20	수소 생산을 위한 합성가스내 산성가스 고순도 제거기술 개발 이승중, 윤덕규, 김혜수, 이철호, 이재영, 김미정 고등기술연구원	200
P-21	액체수소 산업기술 동향에 관한 연구 김현정, 황보찬, 조충희 한국가스안전공사 가스안전연구원	201
P-22	수성가스전환 공정 적용을 위한 석유 코크스 기반 합성가스 탈황 설비 성능평가 이철호, 윤덕규, 이재영, 이승중 고등기술연구원 플랜트공정개발센터 에너지융복합그룹	202
P-23	수소 비행체를 위한 수소공급밸브 연구 남충우, 박장훈, 이호길, 김재광*, 김용기* 한국자동차연구원, *태광후지킨	203
P-24	스팀 공급 조건에 따른 활성탄소섬유 재생 특성 권인구, 전동환 고등기술연구원	204

포스터 발표.

포스터발표장	일시: 2022년 11월 17일(목), 14:00~17:20	
좌장 : 신원협(엔케이), 김영균(한국가스공사)		page
P-25	다기준의사결정법을 이용한 강원도 내 수소충전소 입지 분석 최교익 , 박찬욱*, 박하늘*, 서장원* 강원대학교 에너지자원융합공학과, *강원대학교 에너지공학부	205
P-26	수소법 하위 농기계 트랙터용 이동형 연료전지 제품기준 개발연구 박경혜 , 최재욱, 조인록, 이정운† 한국가스안전공사 가스안전연구원	206
P-27	암모니아 수소추출설비 관련 기준 및 사고사례 분석 조유림 , 추지안, 염지웅, 이정운* 한국가스안전공사 가스안전연구원	207
P-28	국내·외 수소 사고 사례 분석 류영돈 , 김대현, 임원섭, 이재진, 양윤영 한국가스안전공사 가스안전연구원	208
P-29	수소용기 화재폭발 시 폭발 압력에 대한 실험적 연구 김대현 , 조재근, 류영돈 한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터 화재폭발연구부	209
P-30	가연성가스를 이용한 누출폭발 시 폭발압력에 측정 실험 연구 김대현 한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터	210
P-31	화생방 시설 가스입자여과기의 시험인증 방법 현황 연구 김대현 한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터 화재폭발연구부	211
P-32	국내외 수소자동차 용기 내화성능 테스트 기준 비교 공경식 , 임원섭 한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터	212

포스터 발표.

포스터발표장		일시: 2022년 11월 17일(목), 14:00~17:20
		좌장 : 신원협(엔케이), 김영균(한국가스공사) page
P-33	불균일 메탄 혼합기의 화염전파 및 폭발 위험성 한우섭, 김형욱, 임진호 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원	213
P-34	액체 풀(Liquid Pool) 증발의 이론 및 실험결과의 비교분석 김은희, 이슬기, 마병철 전남대학교 화학공학과, 전남대학교 화학공학부	214
P-35	가스누출 사고 및 가스누출 감지 기술 개발 박병준, 이준혁, 노호성 한국화재보험협회 부설 방재시험연구원	215
P-36	고압수소 운반차량 화재사고에 관한 연구 신성완 한국가스안전공사 재난안전처	216
P-37	밀폐된 캠프 장소(텐트·차량) 내 가스 연소기 사용 중 일산화탄소 가스 발생 메커니즘 규명 연구 이우귀연, 정한빈, 오효근, 홍승운 한국가스안전공사	217
P-38	혼합 가스에 대한 가변 파장 적외선 가스 센서의 출력 특성 이근호, 이승환 한국교통대학교 융합기술대학 기계공학 전공	218
P-39	ALD(Atomic Layer Deposition) Gas Cabinet 內 NH₃ 누출에 따른 효율적 제거에 관한 연구 이성삼, 원동신*, 안형환 한국교통대학교대학원, *Kiwa Korea	219
P-40	반도체 공정에서 CFD를 활용한 방폭장소 설정에 관한 연구 김민지, 이진백, 김신의, 이근원*, 정승호* 아주대학교 환경공학과, *아주대학교 환경안전공학과	220

포스터 발표.

포스터발표장		일시: 2022년 11월 17일(목), 14:00~17:20
		좌장 : 신원협(엔케이), 김영균(한국가스공사) page
P-41	매설배관의 Generic 부식 사고 빈도 방법 연구 단승규, 윤익근, 정호진 한국가스공사 가스연구원	221
P-42	가스 누출 감지시간 최소화를 위한 PINN 기반의 surrogate model과 MINLP 기반의 감지기 배치 최적화 이훈기*, 신동일*** 명지대학교 재난안전학과, *명지대학교 화학공학과	222
P-43	천연가스 전송 매설 배관 안전성 평가 시스템 정호진, 윤익근, 단승규 한국가스공사 가스연구원	223
P-44	HyRAM+를 이용한 수소충전소 위험요소 도출 이재용, 이승중, 윤덕규 고등기술연구원	224
P-45	수소충전소 장치별 제트화염 영향 분석 이재용, 이재영, 김혜수 고등기술연구원	225
P-46	복합화력발전소 내 암모니아 저장 공정에 대한 피해영향 범위 분석 박희경, 정승연, 이민철 인천대학교 안전공학과	226
P-47	활성탄소섬유 흡착필터 형상 변화에 따른 유동 특성 분석 전동환, 민흥기, 정석우, 박훈민* 고등기술연구원, (주)이엠솔루션*	227
P-48	ANSYS 동적해석을 활용한 액화천연가스 차량 용기 충돌에 대한 구조 건전성 평가 김의수, 김우진* 한국교통대학교 안전공학전공, *한국교통대학교 법공학기술연구소	228

포스터 발표.

포스터발표장	일시: 2022년 11월 17일(목), 14:00~17:20	
좌장 : 신원협(엔케이), 김영균(한국가스공사)		
		page
P-49	열교환기를 통한 냉각수 급랭 현상 모사에 대한 연구 최안철 , 최성웅 경상국립대학교	229
P-50	유한요소법을 이용한 수소충전용 압력용기의 균열진전 거동에 관한 연구 최하영 , 조승현, 변성광, 김윤태 기계공학부, 동양미래대학교	230
P-51	ANSYS를 활용한 수소 저장 용기 누출 사고 원인 분석 김소영 , 김의수 한국교통대학교 안전공학과	231
P-52	석유화학 플랜트 열교환기 파손으로 인한 사고원인 분석 안소연 , 남수현, 윤이정, 김의수 한국교통대학교 안전공학과	232
P-53	멤브레인형 LNG선 화물창 코너 단열시스템 개발 및 성능확인 시험 김영균 , 임기호, 한해철 한국가스공사 가스연구원	233
P-54	CFD 프로그램을 활용한 방파판 형상에 따른 탱크로리 sloshing 분석 이관우 , 강찬규, 김상현* 환경대학교, *동양대학교	234
P-55	Type 4 수소저장용기의 충전 상황 시 유체 압력 및 열적 거동 해석 정경현 , 김한상 가천대학교 기계공학과	235
P-56	유·가스정에서 ESP 고장 진단 예측을 위한 생산 장애 요소 측정에 관한 실험적 연구 송차영* , 이승재**, 최준호**, 이정환* *전남대학교 에너지자원공학과, **광성지엠(주)	236
P-57	석유 회수 증진을 위한 해수기반 나노-스마트워터의 표면화학적 특성 개선 연구 송차영 , 조성학, 강인구, 이정환 전남대학교 에너지자원공학과	237

포스터 발표.

포스터발표장		일시: 2022년 11월 17일(목), 14:00~17:20
		좌장 : 신원협(엔케이), 김영균(한국가스공사) page
P-58	탄산염암 저류층에서 실리카와 알루미늄 나노유체 교차 주입을 통한 오일 회수에 관한 실험적 연구 한선이 , 이영수 전북대학교	238
P-59	국내 CCS 주입정 설계를 위한 미국 UIC Class VI 규정 분석 양정환 , 윤영탁, 송영수, 전성준, 김규현, 나윤수, 김동현, 왕지훈* 한양대학교	239
P-60	Investigation on Critical Parametric Dependencies to Enhance CO2 Residual and Solubility Trapping Mechanism Joseph Iranzi , 손한암 부경대학교	240
P-61	에너지 이용 효율 개선을 위한 열에너지 서비스 사업 개발 필요성 연구 김우호 , 김태현 씨엔씨티에너지	241
P-62	고압LNG펌프의 기계적 건전성 평가 김준호 , 고재필, 김영완, 최원목, 권순길 한국가스공사 가스연구원	242
P-63	천연가스 생산기지 주요 설비의 고장모드 및 영향분석 연구 김영완 , 김준호, 서승희*, 고재필 한국가스공사 가스연구원, *(주)ATG	243
P-64	유럽 천연가스 위기와 글로벌 LNG 전망 정민서 , 김학성 GS건설	244
P-65	멤브레인형 Closed Mock-up Tank 설계 및 제작 I 윤용근 , 오병택, 김영균, 임기호 한국가스공사 가스연구원	245
P-66	LNG플랜트 엔지니어링 운영 데이터베이스 플랫폼 개발 홍재민 , 고정훈, 윤형준 (주)유티이씨	246

A발표장

A-1	· 주제: 특별세션1. 연구실 안전 · 일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~17:00
A-2	· 주제: 일반세션. 수소 및 신재생가스 · 일시: 2022년 11월 18일(금), 09:00~12:45

연구안전 직무 및 조직 개선에 관한 연구

송영호, 김영만, 김태수, 박갑동, 한호규, 김태옥
한국연구실안전전문가협회

A Study on the Improvement of Safety Job and Organization of Government-funded Research Institutions

**Youngho Song, Youngman Kim, Taesoo Kim, Gabdong Park,
Hokyu Han, Taeok Kim**
Korea Laboratory Safety Expert Association

요 약

최근 과학기술분야 연구실 및 연구활동종사자의 규모는 증가 추세에 있으며, 각각 연구실은 81,346개, 연구활동종사자는 1,322,814명(2020년 기준)으로 집계되고 있다. 대학 및 국공립, 정부출연 연구기관의 경우 큰 변동은 없으나, 기업부설 연구소는 변화의 폭이 크며, 급속한 연구환경의 변화에 따라 연구실 안전을 위협하는 위험요소가 매우 다양화되고 이에 따라 연구실 사고는 지속적으로 발생하고 있다. (2020년 215건)

또한 2022년 1월 27일부터 시행되고 있는 중대재해처벌법은 강화된 안전경영 환경에 대비해 안전관리 방안을 수립하고, 산업재해 예방에 있으며, 그 목적은 안전·보건 조치의무를 위반하여 인명피해를 발생하게 한 사업주, 경영책임자, 공무원 및 법인의 처벌 등을 규정함으로써 중대재해를 예방하고 시민과 종사자의 생명과 신체를 보호하는데 있다. 중대재해처벌법이 제정·공포되어 재해 발생 시 최고경영자의 책임이 강화되는 등 안전관리의 중요성은 이전보다 훨씬 더 커지고 있어 출연(연)의 안전관리체계에 대한 전반적인 조직의 개편이 우선되어야 할 필요성이 있다.

본 연구에서는 NST 소속 25개 출연(연)을 대상으로 연구안전 관련 대내외 환경분석, 연구안전 직무/업무 체계(모형) 구축, 연구안전 조직 및 업무 수행 현황 분석, 연구안전 조직 및 업무 운영 개선 방안을 도출하였으며, 이 결과를 활용하여 과학기술계 출연(연)의 연구안전 관련 업무의 분류체계를 구축하여 보다 효과적인 연구안전 업무 수행을 위한 조직 운영 표준 모델 구축하고자 한다.

화학물질의 성상별 분리 보관 기준에 관한 연구

이근원*, 유나린, 김민지, 이진백, 김용필**, 송영호**

아주대학교 환경공학과, *아주대학교 환경안전공학과, ** (주)되고시스템

A Study on the Separation and Storage Criteria by Chemical Substances Properties

Keunwon Lee*, Narin Yoo, Minji Kim, Jinbaek Lee, Yongpil Kim**, Yeongho Song**

*Department of Environmental Engineering, Ajou University, *Department of Environmental and Safety Engineering, Ajou University, **Duegosystem*

요 약

최근 국내에서는 과학기술 분야 연구실뿐만 아니라 연구 활동 종사자의 규모도 매년 증가하고 있으며 연구실 사고 또한 지속적으로 발생하고 있다. 또한 2019년 연구실 안전 실태조사 결과에 따르면 대학의 정밀안전진단 결과 화공안전 분야에서 미준수 비율로서 가장 높은 비율을 차지하고 있는 사항은 시약 성상별 분리 보관이었다. 그러나 국내의 경우 위험물의 혼재 기준에 대한 정보가 일부만 제시되어 있거나 구체적이지 않아 연구 활동 종사자가 시약의 성상별 분리 보관 기준을 파악하는 데 어려움이 있다.

본 연구에서는 화학물질의 분리 보관 기준(criteria)을 설정하기 위해 CRW(Chemical Reactivity Worksheet), Cameo 등 화학물질 반응성 관련 소프트웨어를 활용하여 화학물질의 반응성을 검토하였다. 또한, 화학물질 성상별 분리 보관 기준으로 환경부의 화학물질정보시스템(NCIS)와 미국 스탠포드대학의 Chem Tracker를 검토하였다. 이들 결과를 활용하여 국내 「위험물안전관리법」 시행규칙 별표 19를 기반으로 국내외 화학물질 성상별 분리 보관 기준, CRW 및 CAMEO를 활용한 화학물질 반응성 정보 등을 활용하여 화학물질 성상별 분리 보관 기준을 설정하였다. 이를 연구개발 활동 시 반응성을 검토하거나 적절한 화학물질 폐기 방법을 결정하고 동일 폐액 수거 용기에 투입 여부를 결정하는 데 활용하여 화학물질 반응성에 기인한 연구실 사고를 예방할 수 있을 것으로 판단된다.

연구실 독성가스 사용시설 설계 및 적용 사례

황원*, 임현종, 장원영

한국과학기술원 재난안전본부, *한국과학기술원 재난안전본부

Design and Application of Toxic Gas Utilization Facilities in Laboratory

Hwang won, Yim hyun jong, Jang won young*

Disaster and Safety Headquarters, KAIST **Disaster and Safety Headquarters, KAIST*

요 약

최근 반도체 소재, 전기차 배터리, 디스플레이 및 태양광 등 소재/부품/장비 기술개발을 위한 연구개발활동이 활발해지면서 연구실에서 독성가스의 사용이 해마다 증가하고 있다. 정부 차원의 여러 독성가스 안전관리 대책 시행 및 독성가스 안전관리 시스템 도입되고 있음에도 불구하고 여전히 산업현장과 달리 연구실은 독성가스 안전관리의 사각지대라 할 수 있다. 이에, 연구실의 특성을 반영한 독성가스 사용시설의 시설 및 기술기준이 필요하며, 이를 적용한 안전한 독성가스 사용시설 설계가 요구된다.

본 연구에서는 연구실에서 사용하는 독성가스 사용시설인 독성가스 저장설비, 배관설비, 사고예방설비, 피해저감설비 및 부대설비 등 실제 연구실에 적용된 설계 사례를 분석하였다. 설계대상은 암모니아/수소 혼소 화염의 정적·동적 안전성 및 배기 배출 특성 파악 및 근본적인 연소불안정 발생 매커니즘을 규명하기 위한 모형 가스 터빈 연소기를 모델로 하였으며 대상 독성가스는 암모니아(NH₃)이다.

KIMM 안전보건관리체계 구축 사례

김경천, 정기연, 류동철, 문다은, 신혜정, 한옥란
한국기계연구원 안전보건실

A Case Study on Establishment of the KIMM Safety and Health Management System

Kyungchun Kim, Kiyeon Jeong, Dongcheol Ryu, Daeun Moon, Hyejung Shin, Okran Han

Department of Safety and Health, Korea Institute of Machinery & Materials

요 약

최근 중대재해처벌법 시행 등으로 연구원의 안전 및 보건관리에 대한 관심과 요구 사항이 지속적으로 증가하고 있다. 또한 사업주와 경영책임자등의 안전 및 보건 확보의무가 강화됨에 따라 안전보건 경영방침 설정, 전담조직 설치, 유해·위험요인의 확인 및 개선, 안전예산 편성 및 집행 등이 이루어져야 한다. 그러나 안전보건관리체계가 구축되어 있지 않은 상태에서 안전 및 보건업무를 확보한다는 것은 어려움이 있다.

본 연구에서는 연구원 안전보건관리체계를 구축하기 위한 단계별(취약시기, 안전시설 투자 및 관리감독 강화, 안전문화 확산) 추진 사항을 검토하였다. 연구원은 안전관리자문단 및 실무단 구성·운영, 안전교육장 구축·운영, 연구부서 조직성과평가 안전관리 점수 반영, 경영진 현장 안전점검 및 안전의견 청취, 건강관리주간 운영, 안전보건경영시스템 인증, 안전관리 우수연구실 인증, 안전문화 확산 계획 수립·추진 등 활동을 통해 전 직원 및 이해관계자의 안전의식 변화를 지속적으로 유도하였다. 이를 통해 연구원은 무재해를 달성하고, 연구실 정밀안전진단 결과 1등급이 지속적으로 향상되고 전 실험실이 2등급 이상 달성하였다. 또한, 전 직원 및 이해관계자의 안전의식이 향상 되었으며, 이러한 활동을 통해 연구원의 안전보건관리체계가 강화된 것으로 판단한다.

KRICT 안전보건활동 우수사례

한운동

한국화학연구원 안전보건실

요 약

연구실 안전사고가 지속적으로 발생하고 있는 현실과 중대재해처벌법등 안전관련법이 강화되는 시점에 연구책임자 및 연구활동종사자의 안전의식이 어느 때보다 중요한 시기라고 판단된다.

이에 부응하기 위해서 각 기관별 안전환경 개선에 주력을 하고 있으며, 그에 따른 연구환경 개선을 통하여 안전하고 쾌적한 연구환경 조성에 지대한 발전이 이루어지고 있으며, 쾌적한 연구환경 속에서 연구활동종사자들이 연구업무에 매진하고 있다.

하지만 좋은 연구환경 속에서 연구활동 종사자들의 안전의식 부족 및 안전불감증으로 실험실 안전사고는 끊임없이 발생하고 있는 것이 현실이다.

이를 위해 연구활동종사자가 직접 참여 할 수 있는 프로그램을 통하여 안전에 대한 관심을 자연스럽게 유도 할 수 있는 안전문화 행사가 필요하다고 판단하여 안전강조주간행사를 기획하여 연구활동종사자 누구나 참여 할 수 있고 관심을 유도 할 수 있는 기회의 장을 마련하여 지대한 성과를 창출 할 수 있었다.

이는 안전에 대한 무관심 부분을 탈피하여 관심과 참여를 통한 안전에 중요성을 인식시켜 줄 수 있는 좋은 기회의 장이 되었고, 참여를 이끌어 낼 수 있는 다양한 프로그램을 구성하여 안전의식 함양에 긍정적인 효과를 거둘 수 있는 안전보건활동으로 자리 매김 할 수 있었으며 이 실시결과를 산, 학, 연 연구활동종사자 및 안전부서원 모두에게 전파 및 공유 할 수 있는 기회가 주워지게 되어 발표를 하고자 함.

암모니아 열분해 수소추출 파일럿 플랜트 개발 및 실증

이치규, 최낙운, 김상엽, 이치규, 오대환, 노은수, 김용훈, 김부성, 김집
롯데정밀화학

Development and demonstration of ammonia thermal cracking hydrogen pilot plant

NakWoon Choi, Sangyob Kim, Chikyu Lee, Daehwan Oh, Eunsu Noh,
Yonghun Kim, Boosung Kim, Jip Kim,
lotte Fine Chemical

우리나라는 2030년 탄소중립 시나리오 달성을 위해 암모니아를 수소 운반체로 하여

청정수소에너지 해외 수입을 추진하고 있다. 암모니아의 생산, 운송 및 저장 기술은 이미 오랜 역사를 가지고 있으며 전 세계적으로 수출입 인프라가 잘 갖추어져 있다. 그러나 암모니아를 열분해하여 수소를 추출하는 공정은 세계적으로 상용화되지 않았다. 해당 상용기술 확보를 위해 정부는 암모니아 열분해 수소추출 파일럿 플랜트 개발 및 실증을 국책과제로 선정하여 지원하고 있다.

롯데정밀화학은 해당 국책과제의 주관기관으로서 암모니아 열분해 수소추출 파일럿 플랜트의 개발 및 실증을 추진하고 있다. 본 실증 플랜트는 국외적으로 최초 및 최대규모로 많은 관심과 주목을 받고 있으나 관련 안전기준 및 안전관리방안 등이 없어 실증안전기준, 자체안전관리계획 등을 마련하여 안전성 확보를 추진 중에 있다.

본 발표를 통해 암모니아 열분해 수소추출 파일럿 플랜트 개발 및 실증 과제 개요, 실증 플랜트 개발 현황, 안전성 확보방안 및 향후계획 등을 소개하고자 한다.

대용량 수소 모빌리티용 실시간 충전 프로토콜 개발

채충근, 최재우*, 강승규**, 박병홍***, 김연수****, 이수현
(주)미래기존연구소, *포항공과대학교, **한국가스안전공사, ***한국교통대학교,
****광운대학교

A Development of Real-Time Responding Hydrogen Fueling Protocol (RTR-HFP) for Heavy-Duty Hydrogen Vehicles

Chungkeun Chae, Jae-Ou Choi*, Seung-Kyu Kang, Byung Heung Park***, Yeonsoo Kim****, Suhyun Lee**

*Mirae EHS-code Research Institute, *Pohang University of Science and Technology, **Korea Gas Safety Corporation, ***Korea National University of Transportation, ****KwangWoon University*

요 약

현존하는 상용 수소충전 프로토콜인 미국의 SAE J2601과 일본의 JPEC-S0003은 저장용기의 용량과 공급가스의 온도 및 압력 조건이 있으며, 공급가스압력 70MPa 기준 2kg 이상의 저장용기부터 수소충전이 가능하므로, 해당 조건을 만족하는 경우에만 이용할 수 있다. 또한, SAE 프로토콜의 룩업테이블(Look-Up Table) 및 MC포물러 방식은 용기용량이 2 ~ 30kg 이내인 차량에 사전 시뮬레이션된 결과값을 사용하기 때문에, 시뮬레이션 범위를 벗어나는 경우 충전이 불가하며, 최대 충전속도가 60g/sec로 정해져있어 효율성이 낮다는 문제가 있다. 그리고, 대형 수소 모빌리티용 충전기준인 SAE J2601-2가 존재하나, 해당 기준은 제한조건과 충전목표만 제시한다. 따라서, SAE와 JPEC 프로토콜 표준들은 수소탱크의 허용가능압력 및 온도 범위에 부합해야 한다는 제한조건 때문에 범용성을 확보하지 못했다.

이런 문제를 보완하기 위하여, 사전 계산된 테이블에서 평균압력상승률(APRR)을 찾는 것이 아닌 Matlab기반 실시간으로 압력상승률을 계산하며 충전하는 프로토콜(RTR 충전프로토콜)을 개발했다. RTR 충전프로토콜에서는 충전 초기에 J2601의 룩업테이블로부터 평균압력상승률을 선정하여 불필요한 계산시간을 단축시켰으며, 실시간 반복 계산 횟수를 50회 이하로 정하는 등 보다 빠르게 평균압력상승률을 도출할 수 있도록 최적화했다. 또한, 충전속도를 최대 240g/sec까지 높이며 시뮬레이션 결과, 7분만에 용기용량이 70kg인 수소버스를 완전충전하는데 성공했다.

이렇듯 RTR 충전프로토콜은 기존 프로토콜 표준이 가지고 있던 제한적인 적용조건 문제를 명확하게 해결하였다. 따라서, 한 개의 RTR 충전프로토콜 로직으로 차량뿐만 아니라 드론이나 선박 등 폭넓은 수소 모빌리티에 적용될 수 있는 가능성을 확인하였다.

저온 수전해 시스템에서 가스 혼합의 원인, 문제 그리고 해결 방안

노치우

한화솔루션 수소기술연구센터

Issues and Solutions for Gas Mixing in Low-Temperature Water Electrolysis System

Chi-Woo Roh

Hanwha Solution - H2 technology R&D center

요 약

지구온난화로 인한 기후변화 위기에 대응하기 위해서 재생에너지 사용이 전 세계적으로 빠르게 늘고 있다. 이러한 전기에너지를 산업 및 수송 분야에 직접 이용하여 환경친화적 에너지로 사용하고 있으나 재생에너지의 간헐성이라는 특성상 이 전기에너지는 저장 및 운송이 용이한 화학적 에너지로 변화시켜야만 하며 현재 수전해를 통해 얻어진 수소에 전기에너지를 저장/운송하기 위한 Power to gas (P2G) 기술에 대한 연구가 최근 활발하게 진행되고 있다.

알칼리 수전해 (Alkaline water electrolysis, AWE) 시스템은 기술이 충분히 성숙되어 있고 이미 양산화 되고 있는 기술로, 양쪽 전극 사이에 다공성 분리판을 사용하는 형태이다. 분리판이 다공성이기 때문에 수소 및 산소가 crossover 되어 반대편 전극에 섞이게 된다. 따라서 각 전극에서 발생하는 수소 및 산소의 양이 충분히 많아서 crossover된 기체를 희석할 수 있는 조건에서만 (산소 내 수소농도 2% 이하) 안전하게 운전할 수 있다.

이런 가스 crossover 문제가 상대적으로 적고, 단위시간 및 단위면적당 수소 생산량도 많고, 또 재생에너지 연계성도 우수한 수전해 시스템이 이온 교환 고분자막을 사용하는 수전해 시스템이다. 양이온 교환막 수전해 (Proton exchange membrane electrolysis, PEMWE), 음이온 교환막 수전해 (Anion exchange membrane water electrolysis, AEMWE) 가 이에 포함된다. 고분자 분리막을 사용하면 crossover로 인해 반대편 전극으로 넘어가는 산소 또는 수소의 양이 적어지며 낮은 출력에서도 안전농도 아래에서 운전이 가능하다. 이런 운전 특성으로 인해서 간헐적으로 발전량이 변화하는 태양광 및 풍력 발전 등의 재생에너지 발전에 연결시 폭넓은 발전량 범위에서도 안전 이슈 없이 부하에 대응하며 수전해 시스템을 운전할 수 있어 P2G로의 적합성이 뛰어나다.

본 발표에서는 현재 한화솔루션에서 개발하고 있는 AEMWE 기술을 포함한 각 수전해 시스템에서의 가스혼합의 문제점과 이를 해결하기 위한 방안에 대하여 논의할 것이다.

그린수소 생산의 경제성에 관한 고찰

박가우, 권병규, 구정웅, 우민우
(주)지필로스

Techno-Economic Study of Green Hydrogen Production

Ga Woo Park, Byung Kyu Kwon, Jeong Ung Koo, Min Woo Woo

G-Philos

요 약

그린수소는 태양광, 풍력 등을 통해 생산한 전기로 물을 전기분해해서 생산한 수소를 말한다. 그린수소 생산을 위해서는 수전해 기술을 사용한다. 대표적인 수전해 기술로는 알카라인(AEC: Alkaline Electrolysis Cell), PEM(Proton Exchange Membrane Electrolysis Cell), AEM(Anion Exchange Membrane Electrolysis Cell), SOEC(Solid Oxide Electrolysis Cell) 방식이 있다. 이중 알카라인과 PEM 방식은 상용화 단계(TRL: Technology Readiness Level 9), AEM, SOEC는 연구실증 단계(TRL Level 4)로 알려져 있다. 유럽 내 수전해 수소는 PEM > AEC > AEM > SOEC 순으로 생산되며, 2030년까지 유럽 내 수전해 계획은 AEC(31%) > PEM(25%) > SOEC(21%) > AEM(13% 미만) 순이다. 수소의 경제성 분석은 전기료, 수전해기술, 연결 BOP(Balance of Plant)의 범위, 수소의 순도 등의 요소에 따라 국별·기관별로 차이가 날 수 있으므로 타국의 데이터를 일률적으로 우리나라에 적용하기는 어렵다. 다만 이해의 편의를 위해 예를 들자면, 미국 에너지부 자료(2020년 9월)에 따르면, PEM 수전해기술, 수전해조 가격 \$1,500/kW, 전력망(grid) 전기료 \$0.05~0.07/kWh를 가정할 경우, 그린수소가 아닌 전력망 전기를 활용한 일반 수전해 비용은 \$5~6/kg-H₂로 추정된다. 그린수소의 경우는 \$4.22~6.09/kg-H₂로 발표되었다. 그린수소의 가격이 더 낮은 경우도 있는 바, 이는 재생에너지의 간헐성에도 불구하고 낮은 재생에너지 가격에서 비롯한다. 여타 국제적 기관들의 발표 자료에 따르면 수소 생산가격은 \$2.5~6.8/kg의 범위 내로 발표되었다. 한편 미국 에너지부는 청정수소의 가격을 10년 이내에 \$1/kg 목표를 제시하고 있다.¹⁾ 만일 이러한 목표치가 달성된다면 휘발유, 경유 등에 비해서도 높은 경제성을 보일 수 있게 되어 산업 전반에 영향을 미칠 것으로 예상된다.²⁾

1) Department of Energy, DOE National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap, September 2022.

2) 예를 들어, 수소차의 경우 수소 1kg으로 30km를 주행하며, 수소가격 \$1/kg은 \$1로 30km를 자동차 주행할 수 있다는 것을 의미한다.

탄소 중립 실현을 위한 계통 연계형 알카라인 수전해 기술

이해인, 김희수, 임동하

친환경재료공정연구그룹, 한국생산기술연구원 울산본부

Grid-connected Alkaline Water Electrolysis to Realize Net-Zero

Hae In Lee, Hee Soo Kim, Dong-Ha Lim

Green Materials and Processes R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology, Ulsan 44413, Republic of Korea

요 약

2050년 탄소중립을 실현하기 위해서는 수소를 기반으로 한 수소경제의 활성화가 필수적이다. 수소경제는 수소를 경제·산업 기반의 원천으로 사용하는 것을 의미하며, 이를 실현하기 위하여 정부에서는 수소경제 활성화 로드맵을 2019년에 발표하였다. 로드맵에는 수소의 공급(수요)량을 2022년 연간 47만 톤을 시작으로, 2030년 연간 194만 톤, 2040년 연간 526만 톤을 목표로 설정하였다. 현재는 수소 공급량의 대부분을 부생 수소에 의존하고 있지만, 수전해 기술의 발전에 따라 2040년까지 수전해를 통한 그린 수소의 공급을 늘리기 위한 노력이 진행 중이다. 수전해 기술 발전을 위한 연구는 대부분 재생에너지 연계형 운전을 기반으로 하고 있다. 이는 탄소 중립에 있어 필수불가결한 기술임에 틀림없다. 하지만 로드맵에서 제시한 2040년의 연간 526만 톤의 수소 공급 목표를 달성하기 위해서는 10 MW 급 수전해 시스템이 약 1877 기 필요하며, 이에 필요한 전력 19 GW를 충족하기 위해서 필요한 풍력과 태양광 발전의 설치 면적은 약 3000만 평에 이른다. 또한 재생에너지 발전의 간헐적이고 불규칙한 전력 공급에 기반한 수소 생산량은 예측하기에 어려움이 있어 수소 공급에 차질을 줄 우려가 있다. 이에 본 연구는 재생에너지에서 발생하는 부하변동을 고려하지 않고, 정전류를 기반으로 한 계통 연계형 알카라인 수전해 시스템의 효율을 향상시키기 위한 기술 개발을 목표로 진행되었다. 알카라인 수전해에서 발생하는 주요한 효율 감소 원인인 과전압, 누설전류, 가스혼합현상을 억제하기 위한 방법을 모색하였으며, 생산된 수소의 순도를 향상시키기 위한 가압 수전해 시스템을 구축하였다. 계통 연계형 수전해 시스템은 기존의 재생에너지를 에너지원으로 사용하는 것이 아닌 원자력 발전과 같은 싼 가격(약 63원/kWh, 2022년)의 전기를 활용하여, 수소 수요량을 충족하는 방식이고, 소형 원자력 발전과 연동할 경우 적은 면적에서도 높은 수소 생산력을 가질 것으로 예상된다.

신기술 수소 제조설비 운전특성 분석 및 위험요소 도출

권준엽, 이재진, 염지웅, 추지안, 이정운[†]

한국가스안전공사 가스안전연구원

Analysis of operation characteristics of new technology hydrogen production facility and deduction of risk factors

Jun-Yeop Kwon, Jae-Jin-Lee, Ji-woong Yeom, Ji-An Choo, Jung-Woon Lee[†]

Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

2021년부터 교토의정서를 대체할 새로운 기후협약으로써 파리기후협약이 채택됨에 따라, 전 세계가 온실가스 배출을 최소화하기 위해 노력하고 있다. 수소에너지는 온실가스 배출이 없는 청정에너지원으로 활용이 가능하여 수소에너지 활용에 관한 연구 및 개발이 활발하게 이루어지고 있고, 더불어 수소연료 생산에 관한 연구도 활발하게 이루어지고 있다. 수소연료는 생산방식에 따라 10가지 색상으로 구분되는데, 대표적으로 탄화수소계열 연료를 개질하여 수소를 생산하는 방법과 물을 분해하여 생산하는 방식이 있다. 국내 수소연료 생산과 관련된 안전기준은 수소추출기 안전기준(KGS AH171)과 수전해설비 안전기준(KGS AH271)이 시행 중이며, 암모니아(NH₃) 추출 및 고체산화물 수전해(SOEC) 등 일부 신기술 수소생산 방식은 안전기준 개발이 필요한 실정이다.

본 연구를 통해 현재 개발되고 있거나, 실증단계에 있는 신기술 수소제조설비에 대하여 운전 특성 분석 및 위험 요소를 분석하고 이에 따른 안전기준 개발 방향성을 도출하였다. 암모니아는 체적당 에너지밀도가 높고 저장 시 상온에서 낮은 압력(11 bar)으로 저장이 가능하여 수소생산 연료로 주목되고 있으나, 암모니아 자체의 독성과 암모니아 분해과정에서 발생하는 Nitriding이 발생할 수 있으며, 직접 메탄 열분해(TDM, Thermal Decomposition of Methane)의 경우 일산화탄소(CO)가 생성되지 않고 고체탄소(C)가 생성되므로 이차전지 음극재로 활용하는 등 여러 용도로 사용이 가능하나 고온(1,000℃ 이상) 운전에 따른 위험이 존재한다. 고체 고체산화물 수전해(SOEC)는 높은 온도에서 요구되는 Gibbs free energy가 적어, 낮은 전압에서 운전이 가능하며, 수소생산 효율이 높은 장점이 있으나, 고온에 필요한 열에너지를 공급해야 하며, ON/OFF시 스택 구성재료의 열팽창에 따른 수소가스 누출 문제, 산소이온 이동에 따른 전극, 전해질 계면에 높은 산소분압 등 여러 가지 위험 요소가 존재한다. 이외에도 시스템 운전 특성에 따른 위험 요소도 존재하는데, 수전해 시스템의 경우 후단 압축 효율을 높이기 위해 고압(30bar)으로 운전할 경우 고압에 대한 안전성이 검증되어야 한다. 본 과제를 통해서 신기술 수소 제조설비에 대한 운전 특성을 분석하고 위험 요소를 도출하여 수소 제조설비에 대한 선제적 안전 대응 기반을 마련하고자 한다.

암모니아 기반 수소추출설비 안전기준 개발을 위한 위험요소 분석

염지웅, 조유림, 추지안, 이정운*
한국가스안전공사 가스안전연구원

Risk Analysis for the Development of Safety Standards for Ammonia-Based Hydrogen Generator

Ji-Woong Yeom, Yu-Rim Jo, Ji-An Choo, Jung-Woon Lee*
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률(이하 수소법)이 시행과 더불어 수소 생산에 대한 다양한 방식이 거론되고 있다. 대표적으로는 석유를 정유하는 과정 중 나프타가 생성되는 과정의 부생물로 수소를 얻는 부생수소 방식이 있으며, 천연가스를 개질하여 수소를 얻는 개질방식 및 물을 전기분해 하여 수소를 얻는 수전해방식이 있다. 하지만 국내 수전해 방식의 생산능력과 기술적 한계, 부생수소의 공급 여력, 개질방식 추출수소의 온실가스 배출 문제 등을 감안하면 2030년부터는 해외 생산 그린수소를 국내로 도입하는 방안이 필요하다. 이를 위해 장거리 수소 운송기술이 필요하며 액상 암모니아를 이용한 방식이 가장 현실적인 기술로 평가되고 있다. 이를 위해 암모니아 열분해를 통한 설비 개발이 필요하며, 더불어 암모니아 기반 수소추출설비 안전기준 개발이 필요하다. 현재 수소추출설비 기준으로 AH171이 있으나 적용범위가 도시가스, 액화석유가스, 알코올 등을 원료로 하는 수소추출설비로 한정되어 있기 때문이다.

본 연구에서는 암모니아 및 수소추출설비 관련 국내외 안전기준을 비교 분석하고, 위험요소 분석 등을 통해 암모니아 기반 수소추출설비 안전항목을 분석하였다. 그 결과를 활용하여 안전기준 개발의 방향성을 설정하고 안전기준 개발을 통한 암모니아 기반 수소추출설비의 안전보급에 기여하고자 한다.

본 연구는 산업통상자원부 신재생에너지기술개발사업(No.20213030040550)연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

STX에너지솔루션의 고체산화물 연료전지 기술 개발 및 향후 사업화 계획

이동원, 박승환, 허준행
STX에너지솔루션 주식회사

Development Status and Future Plan on Solid Oxide Fuel Cell System of STX Energy Solution

Dongwon LEE, Seunghwan PARK, Junhaeng HUR
STX Energy Solution Co. Ltd.

요 약

STX에너지솔루션은 2010년 고체산화물 연료전지(SOFC) BOP 개발에 착수한 이래로 현재까지 kW급 건물용 SOFC 시스템 개발 및 사업화를 준비하고 있다. 2018년부터 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 올해 9월 종료한 “kW급 건물용 SOFC 실용화 기술 개발” 과제를 통해 총 32기의 시스템에 대한 실증 운전을 수행하였다. 이 과제를 통해 약 80MWh의 전력 생산과 약 14,000시간의 연속 운전을 달성하였다. 연구 개발 과정을 통해, SOFC와 같은 고온 연료전지의 경우, 스택도 중요하지만, 약 700℃의 고온 상태로 운전되는 셀/스택의 안정 상태 유지를 위해 지속적으로 변화되는 물리량을 감지하고 적절한 운전 포인트로 제어하는 알고리즘 구현이 매우 중요함을 알았다.

한편, 당사는 한국에너지기술평가원 지원의 “(약칭) 5kW급 SOFC용 고온 미반응 연료재순환 송풍기(Anode Recycle Blower) 개발” 과제에 참여하고 있다. ARB 설치에 따라 설계적으로 기존 SOFC 대비 약 12%의 발전효율 증가를 기대할 수 있는 시스템이며, 현재 3,000시간 연속 운전을 진행 중에 있다. 이 시스템 개발 과정에서도 스택의 고온 반응을 통해 배출되는 배기가스량을 포함한 여러 물리량이 시시각각 변동되기 때문에, 셀/스택 및 BOP의 안정적인 운전 유지를 위해서는 ARB 제어가 매우 중요한 것을 파악하였다.

당사는 현재까지 도시가스를 수소로 전환하는 개질기를 내장한 시스템을 개발해 왔지만, 순수소 인프라 확대를 고려하여 순수소 SOFC 개발을 준비하고 있고, 정부 산하 기관의 지원 과제를 통해 내년부터 착수할 예정이다.

이와 같은 과정의 기술 개발을 통해 다양한 라인업의 연료전지 제품 개발 및 최적화, 양산 체계 구축 등을 추진하여 국내 연료전지 상업화를 선도할 예정이다.

선박용 연료전지 기준안(잠정)에 따른 연료전지 설계

곽대연

범한퓨얼셀(주)

Consideration on the Design of Fuel Cell System based on Tentative Standard Plan for Fuel Cell System for Vessel

Daeyon Kwak

Bumhan Fuel Cell, Co. Ltd

요 약

친환경 기술의 선박 적용을 위한 세계적인 관심이 고조됨에 따라, 국내에서도 선박용 연료전지의 개발이 본격화 되고 있으며, 한국선급이나 가스안전공사 등을 통해 선박용 연료전지의 기준안이 본격 논의되고 있다. 본 논문에서는 DNV의 선박용 연료전지 규정과 선급에서 마련 중인 선박용 연료전지 잠정안에 따라 연료전지를 설계할 때, 고려되어야 할 사항에 대하여 다룬다.

이동형 시스템 및 자전거용 고분자 전해질 막 연료전지 스택 소개

나일채

(주)씨엔엘에너지

Polymer electrolyte membrane fuel cell (PEMFC) stack for portable system and bicycle

Il chai Na

CNL Energy co. Ltd.

요 약

최근 환경 오염에 대한 이슈 및 정책으로 연료전지에 대한 연구의 중요성이 강조되고 있음. 그에 따라 자사에서 연료전지에 대한 연구 개발을 지속적으로 진행하고 있음.

본 발표에서는 자사에서 연구 진행 중인 고분자 전해질 막 연료전지를 이용한 이동형 시스템 및 자전거용 연료전지 스택에 대한 내용을 소개할 예정이며, 연료전지 스택 시스템 구성과 스택 성능, 실제 연료전지 자전거 운전 시험 데이터 등에 대한 발표를 진행할 예정임.

데이터센터용 고온 고분자연료전지 기반 삼중열병합 시스템의 탄소 배출량 저감 효과 시뮬레이션 분석

함성현, 강태성, 김민진

한국에너지기술연구원 연료전지연구소

Simulation analysis of carbon reduction effect of tri-generation system based on high-temperature polymer electrolyte fuel cell for data centers

Seonghyeon Ham, Taeseong Kang*, Minjin Kim**

Fuel Cell Laboratory, Korea Institute of Energy Research

요 약

정보통신기술을 통한 디지털 전환이 빠르게 이루어지면서 전세계적으로 데이터센터 시장이 급격히 성장하고 있다. 데이터센터의 에너지 소비량 또한 지속적으로 증가하고 있어 에너지 효율을 향상시키고 탄소 배출을 줄이기 위한 노력이 요구되고 있다. 데이터센터는 IT장비를 가동하는데 많은 전력을 소비할 뿐만 아니라 이 기기에서 발생하는 열을 냉각시키는데 상당한 양의 전기를 소비한다. 데이터센터의 탄소 배출량 저감을 위해서는 친환경 발전뿐만 아니라 냉각에 사용되는 전기량을 줄이기 위한 전략을 수립하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 순수 수소 연료를 사용하여 발전하는 환경 친화적인 고온 고분자연료전지와 부가적으로 발생하는 폐열을 회수하여 냉각을 제공하는 흡수식 히트펌프가 결합된 삼중열병합 시스템을 모델링하여 데이터센터의 연간 에너지 수요를 충족시키는 시뮬레이션을 진행하였다. 이 모델 기반의 시뮬레이션을 통해 삼중열병합 시스템의 설치 용량과 연료전지 운전에 따라 달라지는 시스템의 전체 효율과 탄소 배출량을 분석하였다. 본 연구의 결과는 실제 시스템을 개발하기 전에 데이터센터에 적용되는 삼중열병합 시스템의 효율을 극대화하기 위한 최적 설계 및 운전 조건을 계획하고, 그에 따른 탄소 중립 기여 정도를 예측하는데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 보인다.

이동형 연료전지 활용처별 안전기준 부합화 방향 연구

조인록, 최재욱, 이정운[†]
한국가스안전공사 가스안전연구원

Meeting A Study on the Direction of Conformity by Portable Fuel Cells

Inrok-Cho, Jae-Uk CHOI, Jung-Woon LEE[†]
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

최근 화석연료 중심의 모빌리티에서 벗어나 수소 연료전지 선박, 드론, 건설기계 등 수소를 에너지원으로 사용하는 활용처가 급격히 발전되고 있다. 이렇게 수소를 안정적으로 활용하는 산업을 수소경제라고 부르며, 정부의 수소 경제 활성화 로드맵 발표로 국내 수소경제는 더욱 활성화되고 있다. 여러 모빌리티를 가동하기 위해 필요한 수소용품을 이동형 수소연료전지라 부르고 이를 제조하거나 수입한 자는 수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」 제44조에 의해 판매 전 한국가스안전공사에게 안전인증을 받아야 한다. 안전인증은 KGS Code를 바탕으로 시행되는데 현재까지 제정된 이동형 연료전지 KGS Code는 총 2건으로 KGS AH372(지게차용, '21.8 제정)과 KGS AH373(드론용, '22.1 제정)가 있다. 이외 건설기계, 농기계 등 신규출현 활용처의 안전기준 제정을 위한 기초자료를 도출하는 등 수소경제 활성화를 위한 연구개발이 진행되고 있다.

이에 본 과제에서는 활용처별(드론, 비행체, 굴착기, 트랙터 등) 안전기준을 카테고리별로(육상용, 해상용, 항공용) 부합화하는 방법을 연구하고 있다. 먼저 연료전지와 각 카테고리별로 국내외 제품기준 항목을 분석해보니, 각 적용범위별로 운전특성이 반영된 안전항목이 있음을 확인하였다. 이에 카테고리별 각각의 운전특성과 운전환경을 분석하였고, 같은 영향인자라도 운전에 미치는 영향이 다를 수 있었다. 그리고 연료전지의 사고사례의 대안으로 수소가스 사고사례를 분석해 공통되는 안전항목을 고려하였으며, 각 카테고리별 사고사례 분석, 드론 및 지게차용 이동형 연료전지 KGS Code 개정(안) 도출 등으로 부합화 연구수행을 위한 기초자료를 도출하였다. 이를 통해 수소 산업의 성장을 가속화하고, 수소용품 중 이동형 연료전지 분야의 기술개발 활성화에 기여하고자 한다.

굴착기용 이동형 연료전지 KGS Code 제품기준 개발 연구

최재욱, 조인록, 이정운[†]
한국가스안전공사 가스안전연구원

Development of KGS Code for Potable Fuel Cell Power System applied to Excavators

Jae-Uk Choi, In-Rok Cho, Jung-Woon Lee[†]
Institute of Gas safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

2022년 2월 5일 “수소 경제육성 및 수소 안전관리에 관한 법률” 시행에 따라 연료전지는 KGS Code에 따른 검사를 받아야만 판매, 수입 등이 가능하다. 하지만 육상용, 해상용, 항공용 등에 탑재하는 연료전지 제품이 다양하게 개발되고 있으며, 현재 지게차용 및 드론용 이동형 연료전지에 대한 안전기준이 제정된 상황이다. 이에 본 연구에서는 연구개발 단계에 있는 굴착기용 연료전지 제품의 개발 시기에 맞춰 KGS Code 안전기준을 개발하고자 한다. 이를 통해 상용화 제품 개발 시 판매 할로뿐만 아니라, 보급 활성화 및 산업화를 촉진하고자 한다.

본 연구에서는 굴착기 제품특성 및 운전환경을 분석하여 진동, 환경시험, 먼지/분진, 외함 강도 시험 등 평가항목을 개발하였다. 또한, 10년간 수소사고 사례 분석을 통해 연료전지에서 발생할 수 있는 위험인자 목록을 작성하고, 대응방안으로서의 안전기준 항목 9건을 도출하였다. 추가적으로 연료전지 파워팩 시작품을 제작하여 차압, 기울임, 기밀 등 5개 안전성능 평가를 수행하여 안전기준 개발을 위한 기초자료를 도출하였다. 위 연구를 통해 도출한 기초자료를 토대로 KGS Code 초안을 개발하였다. KGS Code 초안은 산업체, 학교, 연구소 자문위원들과의 기준 적정성에 대한 검토를 진행한 뒤 법제화를 추진하고자 한다.

본 연구는 2020년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20203040030040)

가온셀의 연료전지 기술개발 현황

황상문, 정은미, 심태희, 이상수
(주)가온셀

The status of Fuel cell technology development at Gaoncell

Sangmoon Hwang, Eunmi Jung, Taehee Shim, Sangsu Lee
Gaoncell

요 약

본 발표에서는 기후변화와 에너지 문제 해결의 일환으로 (주)가온셀에서 그동안 수행해온 수소 연료전지 기술 관련 국가 연구개발 내용과 현재 진행 중인 연료전지 제품 실증에 대하여 이야기하고자 함.

가온셀은 일찍이 소형 모빌리티에 연료전지를 적용하고자 노력하여 왔으며 특히 직접메탄올연료전지(Direct Methanol Fuel Cell)와 이차전지를 하이브리드로하여 동력원으로 사용하는 방법에 대한 원천특허를 보유하고 있음. 이러한 기술력을 바탕으로 이륜차, 지게차 등에 연료전지를 적용 운전하는 기술을 개발해 왔고 현재는 울산 수소 규제자유특구에서 실증을 진행 중에 있음.

B발표장

B-1	· 주제: 특별세션 2. 수소 전주기 안전관리 강화 · 일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~16:45
B-2	· 주제: 일반세션. 안전환경/용기배관/LP/산업가스/도시가스 · 일시: 2022년 11월 18일(금), 09:00~11:45

수소충전소 법정계량 표준모델 개발을 위한 검사 부적합사례 연구

김병희

한국가스안전공사 수소안전기술원

Study of Non-compliance Case of Hydrogen Fueling Station for Measurement Standard Model Development

Byunghee Kim

Institute of Hydrogen Safety Engineering, Korea Gas Safety Corporation

요 약

2019년 10월 정부는 「수소 인프라 및 충전소 구축방안」 발표에 따라 수소자동차 충전소 ‘22년 310기, ‘30년 660기 보급목표를 수립하였다. 이에 충전소 구축이 속도감 있게 진행되고 있으나, 수소충전소 계량의 신뢰성 문제 제기과 더불어 기술검토 및 완성검사 시 유사한 지적사항이 반복적으로 발생하여 구축 지연이 빈번히 발생하는 실정이다.

대부분의 수소충전소 충전량 제어는 SAE J2601에 제시된 Look-UP Table, MC-Formula 방식을 이용하여 충전하게 되는데, 이 때 온도와 압력에 기반하여 충전량 제어가 이루어진다. 하지만, 충전 중 수소의 온도와 압력이 급격히 변해 제어 신뢰성 저하가 우려되는 부분이 상존한다.

이에 수소안전기술원에서 수행한 2019년 7월부터 2022년 8월까지의 수소자동차 충전소 기술검토 및 완성검사 부적합 사례, 운영 실적을 면밀히 분석하고, 그 결과 분석을 통해 수소자동차 과충전에 따른 폭발사고 예방과 수소충전소 법정계량 표준 모델 개발에 기여하고자 한다.

본 연구는 2020년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 20202910100060)

수소전기차용 타입Ⅳ 용기라이너의 수소투과성에 관한 실험적 연구

조성민, 전호병, 김완진*, 배민관*, 황봄찬, 정찬호, 서민형, 심희준, 장문석
한국가스안전공사, 주식회사 대하*

Experimental Study on Hydrogen Permeability of Type IV Container Liner for Hydrogen Vehicles¹

Sungmin Cho, Hobyung Jun, Wanjin Kim*, Minqwan Bea*, Chanho Jeong,
Minhyung Seo, HeaJun Shim, Munseok Jang
*Korea Gas Safety Corporation Daeha..Ltd**

요 약

수소전기차에 사용되는 타입Ⅳ 용기기는 비금속라이너를 사용하여 무게가 가볍고 단단하여 많이 사용되고 있으나 수소에 노출될 경우 균열, 비틀림 및 취·경화가 발생되어 용기열화의 원인이 되기도 한다. 현재 국내외 용기검사기준에는 라이너에 대한 구체적인 시험기준이 없으나 최근 국제회의인 GTR 13 Phase II 에서 비금속소재에 대한 검사기준을 도출하기 위해 준비중이다. 이러한 국제트렌트에 따라 본 연구는 시중에 사용 중인 PA6 용기라이너를 채취하여 북미규격인 CSA/ANSI CHMC2의 Hydrogen diffusion and Permeability의 시험방법에 따라 투과시험을 실시하여 그 결과를 도출하였다. 시험은 시험압력은 10 MPa / 20 MPa / 40 MPa의 압력과 온도조건은 상온(20℃ ± 2℃)에서 시험을 실시하였으며 수소투과율은 시험압력별 질량측정법으로 측정하여 결과를 도출하였다. 또한, 최종 결과는 수소의 단위시간·면적당 투과율($\text{cm}^3\text{mm}/\text{m}^2\text{hr}$)로 제시하였다.

현장제조형 암모니아 수소추출설비 안전기준 개발 연구

정재환[†], 이문재, 박용석, 최재욱, 염지웅
한국가스안전공사

A Study on Development of Safety Standards for Ammonia Reforming Plant for Hydrogen

Jung Jea Hwan[†], Lee Moon Jae, Park Yong Seok, Choi Jae Wook, Yeom Ji Woong
Korea Gas Safety Corporation

요 약

2019년 수소경제활성화 로드맵 발표에 따라 수소를 에너지원으로 하는 다양한 제품들이 개발되고 있다. 다양한 제품들이 개발됨에 따라 국내에서 신규출현 수소제품 안전관리를 위한 법적 근거인 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」을 제정하였다. 수소법에 근거하여 수소용품 4종(고정형 및 이동형 연료전지, 수전해설비, 수소추출설비) 및 사용시설은 KGS Code에 명기된 시설·기술·검사 기준에 따라 검사를 받고 있다.

수소법에 따른 수소용품 중 암모니아 수소추출설비의 제조형태에 대해 국내외 현황을 검토한 결과 컨테이너 형태의 외함 안에 부품들을 조립해 제품형으로 제조한 후, 수요자의 수소생산 요구량에 따라 1개 이상의 제품을 현장에 설치하는 형태로 단위 제품의 수소생산량은 400 Nm³/h 정도 된다. 또 다른 제조형태는 수소생산 현장에서 수요자의 생산 요구량에 맞게 제품을 플랜트 형식으로 직접 제조하는 경우로 대용량의 수소생산이 필요한 선박 등 수요처에서 주로 이런 방식으로 제조된다. 기존 수소용품 안전관리 체계는 전자의 제품형에 보다 최적화되어 있어 현장제조 암모니아 수소추출설비에 대한 보다 최적화된 안전기준 개발이 필요하다.

본 연구는 국내에서 선박 등에 적용되는 암모니아 수소추출설비에 대한 제조형태 및 성능특성 등의 분석을 통해 현장제조형 제품에 최적화된 안전기준을 도출하는 것이다.

본 연구는 2022년도 중소기업벤처부의 재원으로 한국산업기술진흥원(KIAT)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. P0020619)

수소고압용기 투과시험방법에 관한 고찰

배민관, 김완진*, 우승빈, 허기
주식회사 대하*

A Study on Hydrogen High Pressure Parts Permeation Test Method

Mingwan Bea · Wanjin Kim* · Seungbin Woo · Ki Heo
*Korea Gas Safety Corporation Daeha..Ltd**

요 약

수소전기차에는 수소를 저장하는 고압저장용기를 포함하여 밸브, 조정기, 튜빙 등 많은 부품들로 구성되어 있으며 700bar라는 고압을 사용함에도 부품들의 연결 부위 또한 많다. CNG용기가 적용된 버스사고부터 연구기관의 수소폭발사고까지 끊임없이 이어지고 있으며 최근 수소자동차가 양산되어 운행되고 있음에 수소의 안정성은 끊임없이 강조되고 있다. 타입Ⅳ 용기는 비금속라이너를 사용하고 탄소섬유로 보강된 구조로 구성되어 있으며 각 소재 제조사들은 각 단위의 투과성능을 향상시키기 위해 노력하고 있으나 다양한 복합재료로 구성된 용기는 투과나 기밀성능에 취약해 보인다. 최근 ECE R134로 국제조화가 되고 자동차 실차기준의 시험기준들이 대두되고 있기에 본 논문에서는 기밀과 투과 시험의 명확한 기준을 정의해보고자 한다.

수소충전소 실시간 모니터링 효과 분석을 통한 과충전 예방 및 법정계량 표준모델 개발 방안 고찰

선지운 · 김상준 · 박용석
한국가스안전공사 수소안전기술원

A Study on the Development of Standard Model for Overcharge Prevention and Statutory Measurement through Real-Time Monitoring Effect Analysis of Hydrogen Refueling Station

Ji Woon Sun · Sang Jun Kim · Young Seok Park
Institute of Hydrogen Safety Engineering, Korea Gas Safety Corporation

요 약

2019년 12월 발표된 정부의 수소 안전관리 종합대책의 일환으로 전국의 수소충전소에 대한 실시간 이중 모니터링 시스템이 구축되어 2021년 8월 27일부터 운영되고 있다.

한국가스안전공사에 구축한 통합 상황실과 신호전송 프로그램을 통해 수소충전소에서 발생하는 가스누출감지기, 화염감지기 등 안전장치 작동과 압력용기, 압축기, 충전기 등 충전설비의 이상신호를 실시간 모니터링하며, 상황 단계별 체계적인 대응을 통해 안전관리를 하고 있다.

또한, 수집된 수소충전소 운영상황과 안전정보를 대국민 홈페이지를 통해 수소자동차 운전자 등 국민에게 제공하고, 축적된 빅데이터 자료 분석을 통해 설비별 위험성과 교체주기 산출 등 수소충전소 안전기술 고도화 자료로 활용할 계획이다.

이번 연구의 주 목적은 모니터링 시스템을 통해 수소충전소 충전량 제어 상세정보를 확인하고 온도와 압력에 기반한 충전량 제어가 어떠한 신뢰성 문제를 띄는지 파악하고자 한다.

본 연구는 2020년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 20202910100060)

Type4 복합재 용기 적용 수소 튜브 트레일러 Skid Frame의 설계와 성능평가

신원협*, 박제완*, 황재형*, 김의수**
(주)엔케이*, 한국교통대학교 안전공학전공**

Type4 Composite Cylinder Hydrogen Tube Trailer Skid Frame Design and Performance Evaluation

Shin Won Hyeap*, Park Jea Wan*, Hwang Jae Hyeong*, Kim Eui Soo**
R&D Center of NK *
*Department of Safety Engineering, Korea National University of
Transportation* **

요 약

본 연구는 압축수소가스를 저장 및 운반할 수 있는 초대형 Type4 복합재 용기를 적용한 수소 튜브 트레일러 Skid Frame에 대한 설계와 설계 검증을 위한 성능평가 진행과 관련된 내용이다. 연구에서 인용된 ISO 17519(Gas Cylinders - Refillable permanently mounted composite tubes for transportation)와 해상 컨테이너 형식승인 시험 및 검정기준서의 인증 기준을 기반으로 초대형 Type4 복합재 용기 적용 수소 튜브 트레일러 Skid Frame에 대한 설계와 성능 평가를 진행하였다.

본 연구는 압축수소가스를 저장하고 운반할 수 있는 Type4 복합재 용기 수소 튜브 트레일러 Skid Frame의 개발 과정에 고려해야할 설계 기준과 시험 및 인증 기준을 정리하였으며 각 시험 진행 방법과 결과에 대한 사항을 기술하였다. 세부적인 설계 및 성능검사 기준은 총 5가지로 구분되어 있으며 상세 내용은 본문에 기술하였다.

본 연구는 산업통상자원부에서 지원하는 국가혁신클러스터 R&D사업 “350bar Type4 복합재 용기 적용 수소 트레일러 실증”의 수행된 연구결과입니다. (P0015332)

수소 안전관리 10대 핵심기술 개발 추진 현황

김현진

한국가스안전공사 수소안전기술원

Development status of 10 Core Technologies for Hydrogen Safety Management

Hyunjin Kim

Institute of Hydrogen Safety Engineering, Korea Gas Safety Corporation

요 약

국내외 수소사고(‘19.5월 강릉 과학단지 수소탱크 사고 및 ‘19.6월 노르웨이 수소 충전소 화재)로 국민 안전성 우려를 불식하는 대책 마련이 긴요하여, 정부는 「수소 안전관리 종합대책」을 발표(‘19.12.26)하였다. 세부 추진과제 중 하나로, 국내 수소 안전기술 선진화를 위해 수소 생산·운송·저장·활용 등 전주기에 걸쳐 우선적으로 필요한 ‘수소 안전관리 10대 핵심기술’을 선정하여 안전기술 개발을 추진한다.

해외 수소 전문기관과의 국제협력 및 국내외 사고사례 분석, 기술수요조사 등을 통하여 수소 안전기술 관련 연구과제 아이디어를 도출하고, 신규 연구과제화 과정을 통해 국내 실정에 맞는 수소 안전관리 10대 핵심기술 개발을 지원한다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 “수소 전주기 통합 위험성평가 프로그램 및 액화수소 설비 안전기준 개발” 과제의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다. (No.20215810100060)

고압가스 운송용 튜브 트레일러 및 MEGC의 안전요건 및 성능평가

김민석*, 남재형*, 한준희*, 김의수**

(주)한화솔루션 케미칼 부문*, 한국교통대학교 안전공학전공**

Safety Requirements and Performance Evaluation of Tube Trailer and MEGC for High-Pressure Gas Transport

Kim Min Seok*, **Nam Jea Hyung***, **Han Jun Hee***, **Kim Eui Soo****

*Module system development team, Hanwha Solutions Chemical Division**

*Department of Safety Engineering, Korea National University of Transportation***

요 약

본 연구는 수소, 압축천연가스 등 고압의 기체가스를 운송하는 수단인 튜브 트레일러와 MEGC (Multifunctional Element Gas Container)에 요구되는 안전요건과 성능평가에 대한 내용이다. 본 제품군들은 고압의 기체가스가 도로 및 철도로 운송되는 동안 다양한 형태의 외력과 위험에 노출되며, 이에 따른 위험을 예방하고 제품의 안전과 구조안전성을 확보하기 위한 다양한 국내외 기준과 규정들이 있다. 이들 규정에 대한 적용기준을 정립하였으며, 국내외 튜브 트레일러 운용 환경과 비교를 수행하였다.

본 연구는 튜브 트레일러와 MEGC에 어떤 기준을 적용하는 것이 제품의 안전성을 적법하게 확보하는 방법인지에 대한 기준을 정리하였으며, 미국 교통부의 연방규정인 49 CFR과 미국 가스협회의 CGA, 한국 가스안전공사의 GC207 기준으로 평가 기준을 기술하였다. 세부적인 기준들을 분류, 비교하였으며 상세 내역은 본문에 기술하였다.

수소충전소 안전성 확보를 위한
수소버스·충전소 부품시험평가센터 건립

이영주, 이주성

한국가스안전공사 수소안전기술원

Construction of Hydrogen bus·Station Component Test
and Evaluation Center to ensure the safety of hydrogen station

Youngjoo Lee, Jusung Lee

Institute of Hydrogen Safety Engineering, Korea Gas Safety Corporation

요 약

본 사업은 수소상용차 및 충전소 안전성 확보를 위한 인프라 구축의 일환으로 수소버스·충전소 부품시험평가센터(가칭)를 건립한다. 이 센터에는 수소버스 등 수소상용차의 압력용기 및 부품시험용 평가장비와 수소충전소 고압부품(밸브류 등)의 KS 인증을 위한 인증설비를 구축할 예정이다. 센터 건립을 통해 수소충전소 및 수소상용차 압력용기의 안전성 확보, 관련 부품에 대한 국산화 및 인증기간 단축·인증비용 절감 등을 기대한다.

본 연구 내용은 산업통상자원부 에너지기술개발사업 “액화수소 저장탱크/압력용기류의 진공 단열 성능평가 기술/안전기준 개발”(과제번호 20227310100020)의 지원으로 진행된다.

수소시설 현황 및 안전성 분석

박우일

한국가스안전공사 수소안전기술원

A Study on the Status and Safety of Hydrogen Facilities

Wooil Park

Institute of Hydrogen Safety Engineering, Korea Gas Safety Corporation

요 약

본 연구는 국내 수소 전주기(생산·저장·운송·활용) 설비의 운영 현황과 그 특성에 대해 분석하였다. 그 중, 대전-당진간 고속도로에서 발생한 수소튜브트레일러 화재 사고와 더불어 국내외 수소시설 사고 분석 등을 통해 유사 사고방지 대책을 수립하여 수소연료의 대국민 수용성 증대 및 안전관리 강화에 기여하고자 한다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 “수소 전주기 통합 위험성평가 프로그램 및 액화수소 설비 안전기준 개발” 과제의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다. (No.20215810100060)

1 MWe급 액체 공기 발전 공정의 설계와 운영 방안

이춘식 · 윤문규 · 염총섭

고등기술연구원

Design and Operation Plan of the 1 MWe Class Liquid Air Power Generation Process

Chunshik Lee · Munkyu Yun · Choongsu Yeom

Institute for Advanced Engineering

요 약

액체 공기는 발전 시 얻을 수 있는 전력 계산으로부터 약 72 kWh/m^3 수준의 에너지 밀도를 지니며, 이는 배터리 등 타 에너지 저장 시스템(ESS)과 비교해 상당히 높은 편이다. 이러한 특성 때문에 잉여 전력으로부터 공기를 액화하여 액체 공기 상태로 에너지를 저장 한 후 활용하는 연구가 유럽을 중심으로 활발히 전개되고 있다. 다만, 전처리-액화-재기화-발전-청정공기 활용의 전주기 과정을 보았을 때 효율이 높지 못한 점이 상용화의 걸림돌이 되고 있다. 이에 탄소 중립과 제로에너지 시티 구현을 위한 방법으로서 비교적 적은 설치면적을 필요로 하는 도심형 1 MWe급 액체공기 발전 및 청정 공기 활용 방안을 설계하였다. 액체 공기 재기화는 냉열 회수를 위해 3 Stream 열교환기를 적용하고 발전은 효율을 위해 3단 재가열 & 팽창 과정으로 설계 하였으며 청정 공기 활용을 위해 출구 공기 온도 및 압력을 제어하기 위한 로직이 구성되었다. 공정 해석 결과 전력 변환 손실과 기자재 마진 등을 고려할 때 1 MWe급 발전을 위해서는 약 4.5 kg/s 정도의 공기 유량을 필요로 하였으며, 발전 과정에서 얻을 수 있는 총 냉열은 실제 방열을 고려했을 때 약 1.35 MWth 수준으로 분석되어졌다.

Acknowledgement

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00143652)

도심형 LNG 발전소에서 연소 후 배기가스 내 이산화탄소 액화 공정 설계

이춘식 · 조성수 · 최창식
고등기술연구원

Design of Carbon Dioxide Liquefaction Process from Exhaust Gas after Combustion in Urban LNG Power Plant

Chunsik Lee · Sung-Su Cho · Chang-Sik Choi
Institute for Advanced Engineering

요 약

도심형 LNG(Liquefied Natural Gas) 발전소에서는 연소 후 배기가스 분리, 정제 시 부지 면적 및 고도 제한과 화학 약품 사용 자제 등으로 인해 물리적 방법에 의한 효율적 공정이 요구된다. 특히 배기가스 중 상당한 비율을 차지하는 이산화탄소의 경우 환경과 자원 재활용의 측면에서 99% 이상 고순도로 분리하는 기술이 중요하다고 할 수 있는데 흡착제 사용 시 이산화탄소를 질소 및 산소 성분과 분리하는데 한계가 있기 때문에 1차 정제 후 액화를 통해 고순도로 분리하는 기술이 활발히 연구되고 있다. 이에 본 연구에서는 이산화탄소 액화 시 LNG 냉열을 사용할 수 없다는 전제 하에 순도 99% 이상, 회수율 95% 이상의 공정을 개발하고 각각의 공정에서 에너지 소비량에 따른 효율을 비교하게 되었다. 공정 해석 결과 열역학적 조건 변화에 가장 민감하게 반응하는 것은 CO₂ 회수율로 나타났다. 또한 CO₂ 회수율의 경우 액화온도가 일정 온도보다 높을 경우 압력 등 다른 조건을 변화시켜도 개선되는 정도가 작은 결과를 보였다. 결론적으로 순도와 에너지 효율만 고려했을 때 경제성 있는 액화조건은 20 bar 이상, -50도씨 이하 정도였으나 CO₂ 회수율이 95%에 도달하지 못해 방출되는 이산화탄소량이 상당하였다. 반면 CO₂ 회수율이 95% 이상 되기 위해서는 -80도씨 이하의 액화온도가 필요한 것으로 분석되어졌다.

Acknowledgement

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행되었음.(No. 20212010200110)

매립지가스 이산화탄소 포집에 의한 발전용 엔진 효율 향상 연구

최민국¹, 김현수^{2*}, 박정현^{2*}, 최성운^{2*}, 이대엽^{2*}
 시흥도시공사¹, *인하대학교²

Study of efficiency increase in electricity generation by CO₂ capture from LFG

Mingook Choi, Hyunsoo Kim^{2*}, Jeong-Hyun Park^{2*}, Seongun Choi^{2*}, Daeyup Lee^{2*}
 Siheung Urban Corporation¹, *Inha University²

1. 서론

이산화탄소(CO₂)와 메탄(CH₄) 등 온실가스는 지구 기후변화에 큰 영향을 미치고 있고, 전 세계 CO₂ 배출량은 2010년 33.1 기가톤(Gton)에서 2018년 37.1 Gton으로 급격히 증가하고 있어 10년도 채 되지 않아 거의 7.5%가 증가하였다[1]. 급격한 CO₂ 배출량 증가로 인하여 2015년에 파리 유엔기후협약에 전세계적인 동의를 하였고, 각국은 탄소 포집 및 격리(Carbon Capture and Storage(CCS)) 연구 개발을 매우 활발하게 하고 있고, 이 가운데 주요 CO₂ 포집 기술의 분류는 Fig.1[2]과 같다.

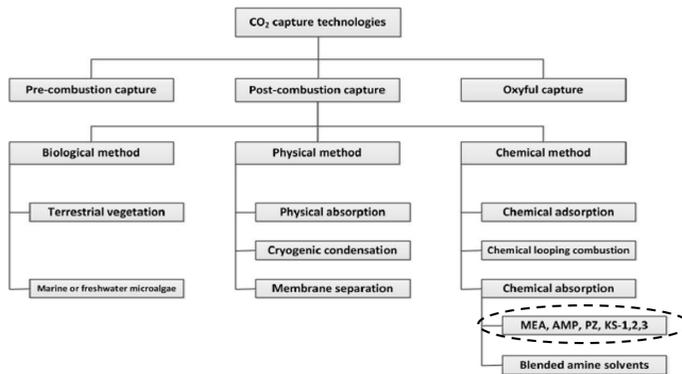


Fig.1 Available various technologies to capture CO₂[2]

국내 온실가스 배출량은 2019년 현재 7억백만톤이고, 이 가운데 폐기물 관련 배출은 천 6백만톤에 달하고 있다[3]. 전체 음식물의 약 1/7이 버려지고 있으며 4인 가족이 버리는 음식물로 인해 온실가스 724 kg_{CO₂e}가 배출되고 있고[4], 2019년도 국내 생활계 폐기물은 57,961 톤/일로 전체 폐기물 가운데 약 11.7%를 차지하고 있고, 이 가운데 약 30,514 톤/일이 매립되고 있다[5]. 2013년 국내 생활폐기물에 의한 메탄 발생량은 약 369,691톤으로 추산이 되고 있어 이산화탄소 배출량으로 환산

하면 25 배인 약 9백20만 톤이 된다[6].

매립지가스(Landfill gas(LFG)) 발생 증가와 이로 인한 온실 가스의 배출 증가에 따른 기후 변화 문제는 중요하고 시급하기 때문에 본 연구에서는 CH₄과 CO₂의 모노에탄올아민(Monoethanolamine(MEA))에 대한 용해도 차이[7]를 이용하여 매립지 가스 가운데 이산화탄소를 포집 및 격리하여 메탄의 함량을 높여 발전 효율을 증가시키는 기반 연구를 수행하고자 한다.

2. 매립지가스의 CO₂ 제거에 따른 발전 효율 향상의 예측

매립지가스는 시간 경과와 온도 변화에 따라 구성 성분에 변화가 발생하고 대부분은 메탄과 이산화탄소로 구성(메탄은 약 30~60%, 이산화탄소는 약 30~50%) 되어 있고 그 밖에 질소, 산소, 암모니아 그리고 소량의 NMOC(Non-methane organic compounds), 황화물, 수소, 일산화탄소 등으로 구성되어 있다. 따라서 주성분은 메탄과 이산화탄소이기 때문에 대기중으로 방출될 경우에 지구온난화를 악화시킬 수 있다.

매립지가스는 발열량(메탄 저위발열량의 약 1/2 수준)을 갖고 있고 온난화 지수(Global Warming Potential)가 높기 때문에 발전기용 엔진에서 연소를 하여 지구온난화 방지 및 에너지원 회수를 하는 것이 중요하다. 매립지가스에서 발생하는 이산화탄소를 제거 및 활용을 하고 메탄의 농도를 높여서 발전기용 엔진에 공급하게 되면 엔진의 효율이 증가하고 중요한 온실가스인 이산화탄소의 대기중 방출도 줄일 수 있게 된다.

발전용 엔진의 연료인 매립지가스에서 메탄의 함량(%)이 이론공연비(9.52%)에 근접할수록 열효율이 증가하고 출력도 증가하여 발전량(kWh)이 증가하게 되고, 매립지가스에서 이산화탄소의 일부를 제거(본 연구에서 약 70%)하고 연소를 할 경우에 배출가스 가운데 이산화탄소는 약 43%를 저감할 수 있게 된다.

즉 메탄과 이산화탄소 구성 비율이 40:60에서 70:30으로 변화할 경우에 메탄의 함량(%)이 증가하면 발열량이 증가하고 동일한 출력의 발생을 위해서 더 적은 연료(메탄)를 사용하게 되어서 $[1/(1-0.6) - 1/(1-0.3)] / [1/(1-0.6)] = (0.4)(1/0.4 - 1/0.7) = 42.9(\%)$ 의 CO₂가 저감이 된다.

3. 실험 장치의 구성

본 연구에서 구성한 실험 장치의 구성은 Fig.2에 나타낸 바와 같다. 체적 10,000 cm³의 반응 용기(reaction tank)에 MEA 용액과 LFG를 충전하고 CH₄과 CO₂의 MEA에 대한 용해도를 측정하고 CO₂의 용해도를 촉진하는 실험 조건을 조사하는 것이 본 연구의 목적이다. 이를 위하여 온도 제어 장치와 용매와 용질의 혼합을 촉진할 수 있는 장치(예 교반기(stirrer) 등)를 반응 용기 내에 구성을 하였다.

MEA는 약한 암모니아 냄새를 가진 무색의 액체이며 안정된 유기화합물로서 유해성 위험성 분류 기준에는 안정성을 갖고 있다. 정상적인 보관 및 화학 결합에 대하여 유해 반응의 가능성이 현저히 낮고 건강 유해성 정보에 따른 급성 독성 결과에 따르면 심각한 영향이나 위험은 알려진 바 없다. 자극성이 있지만 인체유해성도 낮은 것으로 알려져 있다.[8]

4. CO₂의 MEA에 대한 용해도 측정 결과 및 분석

CO₂의 MEA에 대한 용해도 측정 연구는 많이 알려져 있다. CH₄과 CO₂를

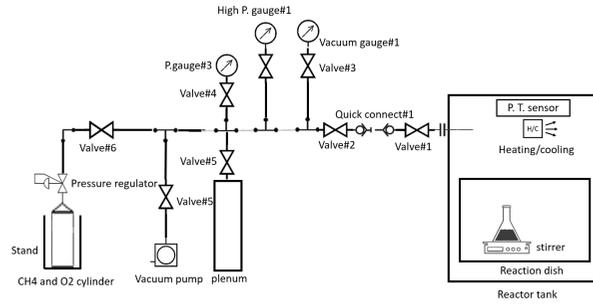


Fig.2 Schematic of experimental system

주성분으로 하는 LFG를 MEA에 용해시켜서 LFG 가운데 CO₂를 줄이고 CH₄의 함량을 높이는 것이 본 연구의 목적이다.

CO₂의 MEA에 대한 용해 특성 측정 결과는 Fig.3과 같고, 예를 들어 온도 21℃, 초기 CO₂ 압력 50 kPa, MEA 30% 수용액일 경우에 용해도(몰 분율비)는 24.5%를 나타내었다. 그리고 포화값(예측)의 90%가 용해되는 데 소요 시간(t_{90%})은 1,800 sec로 추정이 되었다. 압력은 bmp280 sensor[9]와 imbedded CPU(Raspberry Pi4)[10]를 사용하여 측정하였다.

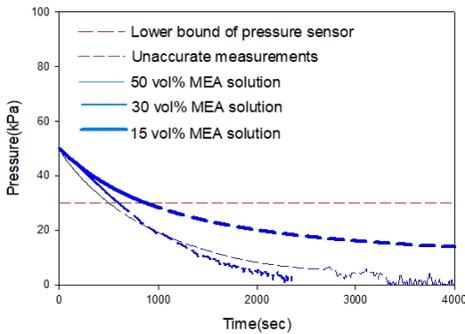


Fig.3 An example of measured pressure of CO₂ at reaction tank

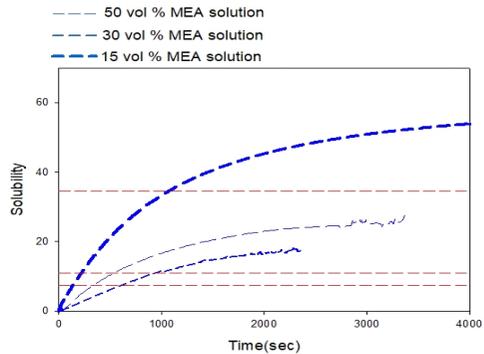


Fig.4 Solubility of CO₂ in aqueous MEA solution

초기 압력 50 kPa, MEA 수용액 비율 0~50%에 대한 용해도 측정 결과는 Fig.4와 같다. 여기서 용해도는 $mole_{CO_2}/mole_{MEA}$ 로 나타내었다. 연구[11]의 결과, CO₂의 MEA에 대한 용해도와 본 연구의 결과를 비교하면 Fig.5와 같고, 따라서 본 연구의 용해도가 기존 연구 결과의 범위에 있음을 알 수 있다. 정확한 용해도의 추정을 위해서는 포화값(최대로 용해가 되었을때의 CO₂ 분압)을 정확히 측정하는 것이 중요함을 알 수 있다. 그러나 일반적으로 포화값은 낮은 압력이기 때문에 측정 결과로부터 추정하는 연구가 필요함을 알 수 있다. CO₂ 포집 공정의 제어를 위한 t_{90%}과 같은 중요한 설계 변수를 추정할 수 있게 된다. 또한 CH₄의 용해도 측정 결과는, 본 연구의 실험 범위에서 CO₂에 비하여 약 32~42% 범위에 해당함을 알 수 있다.

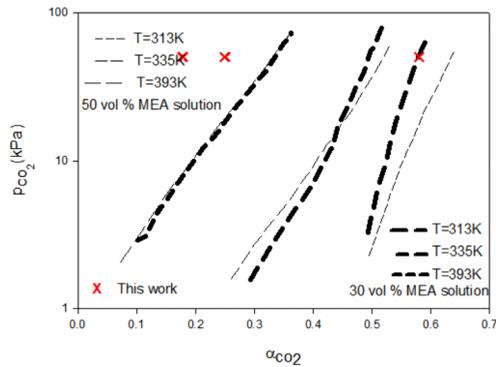


Fig.5 Solubility of CO₂ in aqueous MEA solution of this work and reference[11]

4. 사사

본 연구는 2022년도 중소벤처기업부의 중소기업기술개발지원사업과 산업통상자원부의 스마트건설기계인력양성사업(P0012769)의 지원을 받아 수행된 연구임.

이 성과는 정부(과학기술정보통신부의)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022H1D8A3037396).

5. 참고 문헌

- [1] <https://www.globalcarbonproject.org>, Global Carbon Project(GCP)
- [2] The Advances of Post-Combustion CO₂ Capture with Chemical Solvents: Review and Guidelines, Xiaomei Wua, Yunsong Yua, Zhen Qina, Zaoxiao Zhanga, Energy Procedia 63, 1339 - 1346, (1997)
- [3] https://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1464
- [4] <https://ene.gys.or.kr>
- [5] http://www.kwaste.or.kr/bbs/content.php?co_id=sub0401
- [6] <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchB>
- [7] Solubility of CO₂ and CH₄ in Ionic Liquids: Ideal CO₂/CH₄ Selectivity Mahinder Ramdin, Aris Amplianitis, Stepan Bazhenov, Alexey Volkov, Vladimir Volkov, Thijs J.H. Vlugt, and Theo W. de Loos, Ind. Eng. Chem. Res. 53, 15427–15435 (2014)
- [8] http://www.daemyungchem.co.kr/shop/data/upload/20160205142150_4779.pdf
- [9] <https://www.bosch-sensortec.com/products/environmental-sensors/pressure-sensors/bmp280/>
- [10] <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>
- [11] Solubility of Carbon Dioxide in Aqueous Solutions of Monoethanolamine in the Low and High Gas Loading Regions Michael Wagner, Inga von Harbou, Jaeik Kim, Irina Ermatchkova, Gerd Maurer, and Hans Hasse, J. Chem. Eng. Data, 58, 883–895 (2013)

모노에탄올아민을 이용한 이산화탄소 포집 및 머신러닝을 이용한 용해도 예측 연구

김현수¹, 박정현¹, 최성운¹, 최민국^{2*}, 이대엽¹
 인하대학교¹, *시흥도시공사²

Capture of CO₂ from LFG using MEA and regression of solubility using machine learning

Hyunsoo Kim¹, Jeong-Hyun Park¹, Seongun Choi¹, Mingook Choi^{2*}, Daeyup Lee¹
 Inha University¹, *Siheung Urban Corporation²

1. 서론

매립지가스(Landfill gas(LFG))에서 발생하는 이산화탄소(CO₂)를 제거하여 온실가스의 대기중 배출을 줄이고 매립지가스 중의 메탄(CH₄) 농도를 높여 매립지가스 이용 엔진 발전의 효율을 높이는 것은 중요한 기술이다. 매립지가스에서 발생하는 메탄을 대기중으로 방출하지 않고 연소를 통하여 에너지를 얻고 CO₂ 형태로 배출하게 되면 기후변화 완화에도 기여를 하게 된다.

매립지가스에서 CH₄과 CO₂의 비율은 각각 약 30~60% 및 약 30~50% 정도이고 날씨 등 환경 조건과 쓰레기의 성분 등에 의하여 Fig.1과 같이 변하기 때문에 매립지가스에서 발생하는 이산화탄소의 농도를 예측할 수 있으면 포집 공정의 제어 및 발전용 엔진의 성능 제어에도 활용할 수 있게 되어 포집 및 활용 공정의 효율을 높일 수 있게 된다.

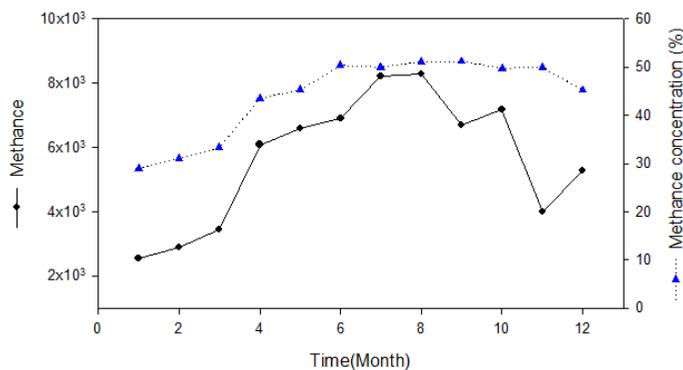


Fig.1 Monthly variation of methane from the domestic landfill site[1]

본 연구에서는 CO₂ 포집을 위하여 잘 알려진 기술 가운데 하나인 모노에탄올아민

(Monoethanolamine(MEA))을 이용한 CO₂의 흡수 및 제거 방법[2~5]을 이용하여 매립지가스에서 CO₂를 포집하여 메탄 농도를 높이는 기반 연구를 수행하고자 한다. 후속 연구에서는 포집된 CO₂를 추출 및 사용할 수 있는 기술을 연구할 예정이다.

2. CO₂ 및 CH₄의 용해도 측정

CO₂ 및 CH₄의 MEA에 대한 용해도 측정 실험 장치의 구성은 [6]에 기술하였다. 용해도 측정 결과는 Fig.2와 같고, 용해도는 용질(CO₂)과 용매(MEA)의 몰 비율(%)로 나타내었다. Table 1에는 실험 조건과 측정된 용해도를 나타내었다.

Table 1. Experimental conditions and measured solubility of CH₄ and CO₂ in MEA

압력 (kPa)	MEA 수용액 (%)	용해도 (몰분율)	t _{90%} (sec)
(a) CO ₂			
50~58	15	58%	3376
	30	25%	1881
	50	17.8%	1816
(b) CH ₄			
44~52	15	24.5%	866
	30	9.5%	971
	50	5.7%	475

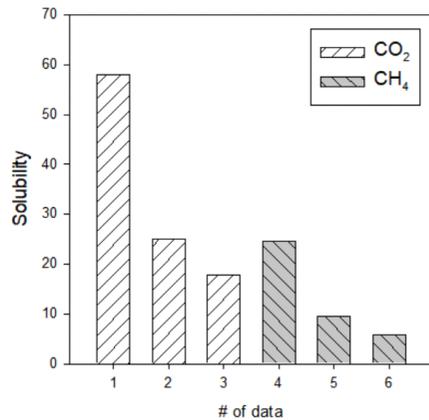


Fig.2 Comparison of solubility between CO₂ and CH₄

용해도 곡선에서 포화값(최대값)의 90%에 해당하는 용해도에 도달하기 위한 시간 (t_{90%})과 용해도의 관계를 나타내면 Fig.3과 Fig.4와 같다.

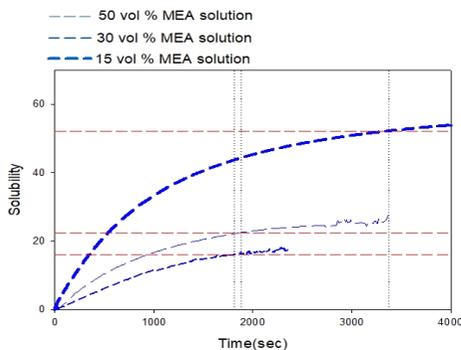


Fig.3 CO₂ solubility curve and t_{90%}

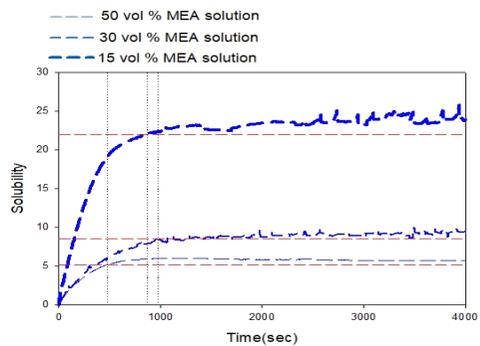


Fig.4 CH₄ solubility curve and t_{90%}

매립지의 조건에 따라 연중 및 일중 LFG의 성분의 변화가 발생하고 생성되는 CO₂

의 비율에 따라서 $t_{90\%}$ 가 크게 변화를 함을 알 수 있다. 또한 $t_{90\%}$ 시간이 짧지 않기 때문에 CO_2 의 연속적인 처리(포집 및 추출 등)를 위해서는 예를 들어 Fig.5와 같은 배치(batch)에 의한 처리 방법의 연구가 필요하게 된다.

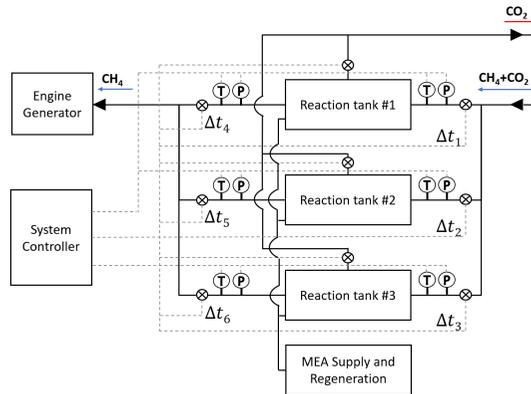


Fig.5 Schematic of batch type system

이를 위하여 CO_2 포집(제거) 속도(즉 용해도)를 정확히 추정하는 것이 필요하고 이를 위해서 머신러닝 LSTM(Long short term memory) 알고리즘을 사용하여 $t_{90\%}$ 시간을 예측할 수 있는 연구를 수행하였다.

3. CO_2 용해도의 머신러닝 예측

용해도가 포화값(최대값)에 도달하기까지는 시간이 많이 소요되기 때문에 $t_{90\%}$ 와 같은 기준을 설정하여 포집 공정을 완료하기 위해서는 용해도의 시계열 데이터를 머신러닝을 이용하여 예측하는 방법이 유용하게 된다. 또는 센서의 성능 한계 등으로 측정이 불가능할 경우에도 물리적인 특성(용해도)을 감안하여 $t_{90\%}$ 를 예측할 수 있게 된다. 머신러닝 예측 모델은 과거 행동 데이터를 기반으로 미래 행동을 예측할 수 있고, 시계열 값과 이전 및 이후 값 사이에 상관관계가 있을 때 사용할 수 있다. $T_{90\%}$ 외 같이 대부분이 용해되는 시간을 결정하기 위해서는 CO_2 의 분압을 정확히 측정해야 하지만 센서의 한계로 인하여 측정 가능 범위의 값을 이용(훈련 데이터)하여 용해도가 포화값(최소값)을 갖는 시간을 알고자 하는 것이 목적이다.

본 연구에서 사용한 LSTM은 RNN(Recurrent Neural Network)의 한 알고리즘이고, 표준 feedforward 신경망과 달리 LSTM은 피드백 연결이 있어 시계열 데이터의 처리가 가능하다.

용해도의 예측을 통하여 소요 시간을 추정할 수 있으면 CO_2 포집 및 처리 장치의 구성에 많은 도움이 될 것으로 예상하고, 진행중인 연구 결과의 예는 Fig.6와 같다.

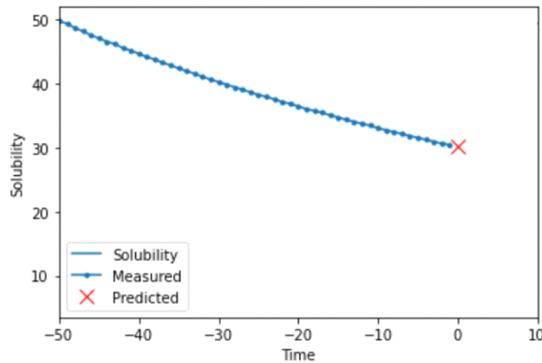


Fig.6 Example of predicted solubility(underway)

4. 사사

본 연구는 2022년도 중소벤처기업부의 중소기업기술개발지원사업과 산업통상자원부의 스마트건설기계인력양성사업(P0012769)의 지원을 받아 수행된 연구임.

이 성과는 정부(과학기술정보통신부의)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022H1D8A3037396).

5. 참고 문헌

- [1] <http://panaxenergy.co.kr>, 부산광역시 강서구 생곡동 매립지의 2021년 메탄 측정 결과, 파낙스에너지 (2021)
- [2] The Kinetics of Reactions of Carbon Dioxide with Monoethanolamine, Diethanolamine and Triethanolamine by a Rapid Mixing Method, H. Hikita, S. Asai, H. Ishikawa and M. Honda, The Chemical Engineering Journal, 13, 7-12 (1977)
- [3] Solubility of Carbon Dioxide in Aqueous Solutions of Monoethanolamine in the Low and High Gas Loading Regions, Michael Wagner, Inga von Harbou, Jaeik Kim, Irina Ermatchkova, Gerd Maurer, and Hans Hasse, J. Chem. Eng. Data, 58, 883–895 (2013)
- [4] Modeling CO₂ absorption and desorption by aqueous monoethanolamine solution with Aspen rate-based model, Ying Zhang, Chau-Chyun Chen, Energy Procedia 37, 1584 – 1596 (2013)
- [5] Use of monoethanolamine (MEA) for CO₂ capture in a global scenario: Consequences and alternatives, Patricia Luis, Desalination 380, 93-99 (2016)
- [6] 2022년도 한국가스학회 추계 학술대회 논문집, 매립지가스의 이산화탄소 제거에 의한 발전용 엔진 효율 향상 연구, 최민국, 김현수, 박정현, 최성운, 이대엽 (2022)

도시가스배관 안전관리 사각지대 해소를 위한 도시가스 안전관리기준 통합고시 공동주택등의 확대적용 기준 개선 연구

최영주, 이경식, 유근준
한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on The Improvement of The Standard for Extended Application of Multi-family Housing, etc. to Resolve The Dead Zone of The Urban Gas Pipelines Safety

Young-Joo Choi, Kyung-Sik Lee, Keun-Jun Lyu
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

현행 도시가스사업법 시행규칙에서 ‘공동주택등’은 공동주택, 오피스텔, 콘도미니엄, 그 밖에 안전관리를 위하여 산업통상자원부장관이 필요하다고 인정하여 정하는 건축물로 정의되어 있으며, 도시가스 안전관리기준 통합고시(이하 “고시”)에 따라, 단독형집합주택도 공동주택등으로 확대적용 하였다. 단독형집합주택은 주택건설 용지 중 하나인 블록형단독주택용지로 공급되는 단위블록내에서 2세대 이상의 독립된 주택을 건축하여 주택은 단독소유하되 부지 및 공동이용시설은 공유하는 것을 말한다.

블록형단독주택용지에 건축된 단독형집합주택은 공동주택등으로 확대적용 받으며, 가스사용자 소유 또는 점유 토지경계에서 가스사용자 소유 또는 점유 건축물 외벽에 설치된 계량기의 전단밸브(계량기가 건축물 내부에 설치된 경우 건축물 외벽)까지 이르는 배관을 사용자공급관으로 보며, 사용자공급관 이후 연소기까지 이르는 배관을 내관으로 보고 있다. 허나, 블록형단독주택용지 외 용지에 건축된 단독형집합주택에 도시가스를 공급하는 경우, 공동주택등으로 적용을 받지 않아, 가스사용자가 소유하거나 점유하고 있는 토지의 경계에서 연소기까지 이르는 배관을 내관으로 보고 있다. 이에 따라, 동일한 형태의 건축물이더라도 블록형단독주택용지 외 용지에 건축된 단독형집합주택은 도시가스배관은 사용자가 안전관리를 진행하여야 한다. 관련하여 사용자가 매설된 도시가스배관을 관리하기 어려워 블록형단독주택용지에 건축되지 않은 단독주택단지들이 공동주택등의 확대적용 기준을 적용받고자 하는 민원이 다수 발생하고 있으며, 도시가스사 및 배관 시공사 등이 현장에서 혼란이 야기된다. 또한, 단독형집합주택의 공동부지에 설치된 도시가스배관이 내관일 경우, 공급자가 아닌 개인(사용자)이 관리하게 되면서 관리소홀 및 가스사고 발생이 우려된다.

이에 따라, 도시가스사업법 상 내관과 사용자공급관은 관리주체가 다르며, 적용받는 상세기준(내관-KGS FU551, 공급관-KGS FS551)도 달라진다. 본 연구에서는 관련 법령 분석 및 현장실태조사 등을 통하여 공동주택등의 확대적용 기준을 합리적으로 개선하기 위한 고시 개정안을 도출하였으며, 단독형집합주택과 동일한 형태의 주택단지 내 도시가스배관의 안전관리 사각지대를 해소하는데 기여하고자 한다.

휘발성유기화합물 흡착 및 탈착 특성에 따른 흡착필터 설계

전동환, 이지은, 신은주, 민흥기, 정석우, 박훈민*
고등기술연구원, (주)이엠솔루션*

Adsorption Filter Design using VOCs Adsorption and Desorption Characteristics

Jeon Donghwan, Lee Jieun, Shin Eunju, Min Heungki, Jung Seokwoo,
Park Hoonmin*

Institute for Advanced Engineering, Emsolution Co.,Ltd

요약

전 세계적으로 지구온난화현상에 의한 환경문제가 즉시 해결해야 할 문제로 인식되면서 각 국가별 온실가스 배출 제어를 위한 다양한 기술 개발 및 상용공정 적용이 이루어지고 있으며, 국내에서도 온실가스 저감을 위한 기술개발 및 상용공정 적용 실증 사업이 지속적으로 이루어지고 있다. 대표적 온실가스로 알려진 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs)은 2007년 대기환경보전법에 의거하여 강화된 법적 배출허용기준이 시행되었고, 이후 지속적으로 규제 대상물질 및 대상 사업장을 확대하고 있다. 특히, 2023년부터는 단계적으로 대기오염방지시설 운영사업장에 사물인터넷을 이용한 운영설비 모니터링 관리 시행등 엄격한 오염물질 처리 시설의 관리 강화가 이루어질 계획이다. 따라서 중소규모 사업장에서는 온실가스 배출량을 감소시킴과 동시에 엄격한 배출 규제 농도 이하로 오염물질을 처리할 수 있는 고효율 오염물질 저감 설비 보급이 필요하다.

본 연구에서는 VOCs를 고효율, 저비용으로 처리 가능한 시스템 개발의 일환으로 탄소계 흡착제의 VOCs 흡착 및 탈착 특성 확인 실험을 진행하였다. 흡착 실험의 경우에는 흡착질로 VOC 대표물질인 톨루엔과 자일렌을 각각 400 ppm 농도로 제어하여 공급하였고, 흡착이 완료된 탄소계 흡착제는 건식 열탈착과 흡식 스팀 탈착을 진행하여 재생특성을 확인하였다. 그리고 본 실험을 통해 확인된 결과를 바탕으로 흡착필터 기본 설계를 진행하였다.

사사 : 본 연구는 중소벤처기업부의 재원으로 중소기업기술정보진흥원의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (NO. RS-2022-00141809)

유해화학물질 사외배관의 차량충돌 방호시설 현황파악 및 기술기준 제시에 관한 연구

안승호 · 오세현 · 문명환* · 마병철* · 정창복**

전남대학교 화학공학과 · *전남대학교 화학공학부 · **에스디플러스 주식회사

A Study on the Current Status of Vehicle Collision Protection Facilities in Outside Piping of Hazardous Chemical Substances and the Presentation of Technical Standards

Seunghyo AN, Sehyeon OH, Myeonghwan Moon*, Byungchol Ma*

* Chonnam National University, Department of Chemical Engineering ·

** Smart Digital & Twin+, Inc

요 약

석유화학산업은 원유정제, 납사분해 및 기초유분 생산공장 등으로 대표되며, 사업 특성상 부두 등을 쉽게 이용할 수 있는 여수, 울산, 대산 등 특정 지역에 위치하고 연관산업 사업장 간 서로 인접하게 배치되어 사외배관 등을 통하여 원료 및 중간제품 등을 이송하고 있다. 유해·위험물질을 대량으로 취급하기 때문에 자칫 사외배관 등에서 화재·폭발 및 독성물질 유·누출 등의 화학사고가 발생하면 도미노 효과 등으로 주변 사업장은 물론이고 인근 지역까지 심각한 피해를 줄 수 있는 거대한 재앙으로 번질 수 있으므로 더욱 철저하고 체계적으로 관리하여야 한다. 특히, 사외배관은 여러 배관 등이 파이프 랙(pipe rack) 등에 걸쳐 있는 형태로 도로를 따라 배관망을 구성하고 있어 차량 충돌 등의 물리적 요인으로부터 사고의 가능성이 상존한다. 이러한 사고를 예방하기 위하여, 환경부는 화학물질관리법 시행규칙에 “유해화학물질 사외배관 이송시설 설치 및 관리에 관한 세부기준”을 제정하여 시행하고 있으나, 충돌사고를 예방하기 위한 구체적이면서 실효성 있는 방법 등을 담고 있지 않아 기존의 보완 또는 새로운 기준 마련의 필요성과 시급성 등이 제기되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 여수 국가산업단지 설치되어 운영 중인 사외배관(지상에 한함)을 대상으로, 이송경로에 대한 차량 충돌 방호시설 현황을 파악하고, 이와 관련한 국내·외 차량 방호 안전시설에 관한 법령 및 기술기준을 조사하여 사외배관 관리 등에 적용 가능한 내용 등을 도출한 후, 새로운 기술기준(가칭 유해화학물질 사외배관의 차량 충돌 방호기준)을 제시하고자 한다. 이를 통해 유해화학물질 사외배관에 대한 안전성이 한층 향상되어 차량충돌 등으로 인한 화학사고를 미연에 방지하여 대한민국 국민이 사고로부터 안심하고 동시에 쾌적한 환경을 보장받을 것으로 기대한다.

수소 운송 배관의 운전조건 및 사고하중하 균열 안전성 평가 절차

서기완, 구희서, 김운재, 김훈태*, 김기석**

고려대학교 기계공학과, *한국수력원자력 중앙연구원, **포스코 철강솔루션연구소

Procedure for Evaluation of Hydrogen Pipeline under Seismic Loading or Operating Condition

Ki-Wan Seo, Hee-Seo Koo, Yun-Jae Kim, Hune-Tae Kim*, Ki-Seok Kim**

Department of Mechanical Engineering, Korea University, *Central Research Institute, Korea Hydro and Nuclear Power, **Steel Solution Laboratory, POSCO

요약

최근 수소에너지에 대한 관심이 커짐에 따라, 수소에너지망 구축을 위한 연구들이 활발히 이뤄지고 있다. 그러나 이를 위한 설계 절차나 평가 절차에 대한 연구는 아직 많이 진행되지 않으며, 체계적인 평가 절차에 대한 분석은 수행된 바가 많지 않다. 따라서 본 연구에서는 운전조건 및 사고하중하 수소배관의 균열 안전성 평가 절차에 대한 분석을 수행하였다.

사고하중은 지진하중으로 가정하여, 유한요소해석 탄소성해석을 이용해 배관에 1% 변형률을 가할 때의 굽힘 하중으로 가정했으며(1), 운전 조건은 최대 실제 가스 운송 배관의 구동압으로 설정했으며, 이 때 배관 내부의 압력 요동은 미국 천연가스 배관의 압력 요동 실험 측정값을 이용했다 (2).

본 연구에서는 국립표준기술연구소 (National Institute of Standards and Technology, NIST)에서 수행한 X52 시험 결과를 이용해 굽힘하중하 불안정 파괴가 발생하는 임계균열길이와 운전 조건하 압력 요동에 의한 피로균열 진전속도를 계산했으며, 이에 미치는 수소취화의 영향에 대해 분석을 진행했다 (3-4).

- (1) 가스시설 및 가스배관의 내진설계·성능확인 세부기술기준(2400-3)
- (2) Dadfarnia M, Sofronis P, Brouwer J, Sosa S. Assessment of resistance to fatigue crack growth of natural gas line pipe steels carrying gas mixed with hydrogen. International Journal of Hydrogen Energy 2019;44:10808 - 22.
- (3) AJ, Drexler ES, Nanninga NE, Levy YS, McColskey JD, Amaro RL, et al. Fatigue crack growth of two pipeline steels in a pressurized hydrogen environment. Corrosion Science 2014;78:313 - 21.
- (3) Amaro RL, Drexler ES, Slifka AJ. Fatigue crack growth modeling of pipeline steels in high pressure gaseous hydrogen. International Journal of Fatigue 2014;62:249 - 57.

직접분사식 엔진에서 LPG와 NH3의 전소에 따른 연소 특성 비교

장용훈*, 안명근**, 박철웅**, 민찬기***
전북대학교*, 한국기계연구원**, 현대자동차***

Comparison of combustion characteristics for LPG and NH3 fuel in direct injection engine

Yonghun Jang*, Myunguen Ahn, Cheolwoong Park**, Chanki Min*****
JeonBuk National University, Department of Mobility Power research, Korea
Institute of Machinery & Materials**, Hyundai Motor Company****

요 약

세계적으로 가속화되고 있는 탄소중립 운동에 빠르게 발맞추어 친환경 연료를 사용하는 모빌리티 동력의 개발에 대한 필요성이 두드러지고 있다. 무탄소 연료 중 하나인 암모니아는 액화 후 상온(25℃)에서 저장이 가능하며, 취급과 보관이 용이한 연료이다. 수소와 비교하였을 때 상대적으로 저장의 용이성과 에너지 밀도가 높아 이에 선박 및 자동차 회사에서 연료로서 암모니아에 큰 관심을 쏟고 있다. 또한, 암모니아의 대량 생산과 수송을 위한 인프라가 수소에 비해 사회 전반적으로 잘 구축되어 있어 추가적인 인프라 구축 비용이 상대적으로 낮아 대체 연료로서의 적용 가능성이 매우 높은 연료이다. 이에 엔진의 연료로서 암모니아의 적용성을 검토하기 위한 실험을 진행하였다.

LPG(프로페인 99mol%)와 암모니아(암모니아 100mol%)의 연료를 이용하여 직접분사식 엔진에서 적용성을 살펴보고 ECU를 이용해 engine parameter를 조절하였다. 암모니아의 공급압력의 감소에 따른 기화를 방지하기 위해 저압 Pump를 이용하여 액상 암모니아 연료를 고압펌프에 공급하였고, 직접 분사 방식을 통해 연료 활용율을 높이고, 동시에 연소 효율을 향상시키고자 하였다.

1500 RPM의 회전수 및 중부하이상의 조건에서 LPG와 암모니아를 연료로 사용했을 때 연소안정성 및 질소산화물 등의 배기 배출물의 경향을 관찰하였다. 이를 통해, 암모니아 연료의 사용을 위한 배출 규제 대응을 위한 방법을 모색하고, 향후 연소에 영향을 미치는 엔진 인자의 최적값을 찾아 보다 넓은 운전 범위에서의 배기 배출물의 경향을 파악할 계획이다.

수소충전소 방호벽 안전성 검증 및 향상을 위한 실증시험 연구

양윤영, 이주현, 조재근, 김광석
한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터

Empirical Test Study for Safety Verify and Improvement of Protection Wall in Hydrogen Stations

Yun Young Yang, Ju Heon Lee, Jae Geun Jo, Kwang Seok Kim
*Energy Safety Empirical Research Center, Korea Gas Safety Corporation,
1467-51 Songhakjucheon-ro, Jucheon-myeon, Yeongwol-gun, Gangwon-do,
26203 Korea*

요 약

수소 에너지는 온실가스 감축 대응, 에너지원 다각화 등을 위한 국가 주요 혁신성장 전략으로 설정됨에 따라 수소 생산, 저장, 운송 및 활용 전반의 수소 밸류 체인에 국가 및 기업의 투자가 활발히 이루어지고 있으며 관련 시설도 급격히 늘어나고 있다. 하지만 2019년 5월에 강릉에서 발생한 수소탱크 폭발사고 등의 관련 사고로 인해 지역사회에 수소충전소 등 기반시설 설치에 대한 불안감이 존재하고 있다. 이에 정부에서는 수소충전소 안전강화 방안을 포함한 수소 안전관리 종합대책을 수립(2019년 12월)하여 추진하고 있다.

수소충전소는 수소자동차를 포함한 수소에너지 산업을 일반 민간 분야로 확대하는데 있어 가장 중요한 시설로 안전성의 확보 및 입증의 가장 중요하다. 설령 시설 내에서 폭발 사고가 발생하더라도 그 피해가 시설 밖으로 확대되지 않도록 설치 및 관리되어야 한다. 현재에도 수소충전소 사고 발생 시 피해를 완화 또는 해소하기 위해 안전거리 확보 및 방호벽 설치를 규정하고 있으나, 초고압으로 압축된 수소가스 폭발 시 방호벽이 얼마나 시설과 인명을 보호할 수 있는지 세계적으로 검증된 사례가 없다. 따라서, 안전한 수소충전소 방호벽 설치기준의 수립을 위해서는 실증시험을 통해 안전성을 검증하고 그 결과에 기반하여 설계방안을 마련하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 국내 산업현장에서 주로 사용하고 있는 수소용기의 폭발 실증시험 방법과 실제 분석 결과를 제시하고자 한다. 실증시험법의 설정을 위해 수소용기 파열 평가를 위한 버너의 용량 및 위치, 수소용기 설치 방법 등을 검증 평가하였고, 용기 파열 시 용기 파편의 비산 경향성과 발생하는 압력 특성 등 평가 결과를 분석하였다. 본 연구에서 설정된 시험방법과 분석 데이터는 향후 수소차에 사용하는 초고압 수소용기를 이용한 방호벽 실증시험과 수소충전소용 초고압 압력용기를 이용한 방호벽 실증시험에 활용하고자 한다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No. 20215810100020)

신규 가스를 고려한 환경 규제 관련 기존 연소 계산법의 검토

하우석, 박태준, 이창언
인하대학교 기계공학과

Review of existing combustion calculation method for environmental regulation considering new gas

Woo-seok Ha, Taejoon Park, Chang-Eon Lee
Mechanical Engineering, Inha University

요 약

정부는 대기 공해 문제가 심각한 사회적 문제를 초래함에 따라 다양한 환경규제 정책을 수립하고 있고, 규제 수준도 점차 강화하고 있다. 환경규제에 필요한 정보로 배기가스 분석을 통한 공기비, 건배기 가스량, 오염물질의 농도 환산 및 배출량 등의 계산은 환경 설비를 관리하는 측면에서 매우 중요하다.

본 연구는 최적가용기법 기준서를 비롯하여 여러 가지 표준 자료 및 기준서에 제공된 기존의 “연소 계산식”의 타당성을 검토하고 등가 연료의 원소 보존식을 근거로 참값을 제공하는 새로운 계산법을 정리하여 제시한다. 기존 계산법은 연료를 고체·액체, 기체로 분류하여 계산식을 제공하며, 근거가 부족한 공기비를 기본으로 나머지 계산식을 유도한다. 또한, 기체연료의 성분 수가 많아지면 계산식이 매우 길어지며 암모니아와 같은 새로운 성분이 추가되면 수식을 고쳐야 하는 단점이 있다. 반면, 신규 계산법은 가상의 등가 연료에 대한 총괄 반응식을 기반으로 연소 계산식을 구하는 것으로 모든 연료에 공통으로 사용된다. 본 연구에서는 새로운 연료로 주목받는 수소와 암모니아를 포함한 원소 조성이 매우 다른 4종의 순수 연료와 이들의 혼합 연료를 대상으로 두 계산법의 편리성 및 정합성을 비교하였다. 두 계산법의 가장 큰 차이는 공기비 계산식이며, 이 오차는 순차적으로 건연소 가스량, 오염물질의 농도 환산 및 배출량 계산에 큰 영향을 미치는 것을 알았다. 특히, 연료 중 수소 성분이 높을수록 두 계산법의 결과값 차이는 커진다. 그리고 환경 규제 기준으로 배출농도(ppm)를 사용하면 수소 분율이 높을수록 열량당 배출량은 감소하여 더 엄격해지기 때문에 환경 규제 기준은 열량당 배출 중량을 채용하는 것이 바람직하다.

결과적으로 현재 환경규제와 관련되어 사용되고 있는 기존 연소 계산식은 자체적으로 모순이 존재하며, 공기비, 연소 가스량 및 오염물질량 산정에도 큰 영향을 미치기 때문에 시급한 수정이 필요하다.

C발표장

C-1	· 주제: 특별세션3. 수소 설비 공정해석 및 안전성 진단 · 일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~15:30
C-2	· 주제: 일반세션. 안전환경 · 일시: 2022년 11월 17일(목), 15:40~17:10
C-3	· 주제: 일반세션. 수소 및 신재생가스 · 일시: 2022년 11월 18일(금), 09:00~11:45

수소충전소 디지털 전환을 통한 설비 건전성 관리 및 안전성 사전진단 방법

이진우, 최진혁, 신상봉, 한종일
한국가스기술공사

Research on facility health management and safety pre-diagnosis through digital transformation of hydrogen refueling stations

Jinwoo Lee, Jinhyuk Choi, Sangbong Shin, Jongil Han
Korea Gas Technology Coporation

요 약

빅데이터, IoT, AI 등 정보통신기술의 급격한 발전을 통해 많은 정보를 수집 활용할 수 있으며, 이와 함께 가스/플랜트 산업에서도 4차 산업혁명 시대가 열렸다. 이에 따라 ICT 기술을 가스/플랜트 산업분야에 융합하여 새로운 서비스를 창출하려는 디지털 전환을 많은 기업들이 시도하고 있으며, 특히 설비 품질, 수명, 안전 및 환경 등 공정 시스템의 건전성 관리 분야에서 디지털 전환이 이루어지고 있어 다양한 지능화된 서비스들이 개발되고 있다.

본 연구에서는 한국가스기술공사에서 운영 중인 수소충전소에 대해서 디지털 전환 수행 내용과 단계 별 세부과정에 대해서 소개하고자 한다. 데이터 파이프라인 구축부터 학습 기반 및 규칙 기반의 고장 분석모델 구축, 모델에 대한 성능 검증을 위한 모니터링까지 수행하고 있으며, 이외에 공정해석 및 정성적/정량적 위험성 평가를 위한 디지털 트윈 적용 방안에 대한 내용을 담고 있다.

수소충전소 공정설비에 구축된 센서들로부터 현장 SCADA 시스템은 안정적으로 데이터를 수집하여 한국가스기술공사 본사에 위치한 수소통합모니터링센터로 OPC통신을 통해 연결된다. 전국에 운영중인 수소충전소에서 발생한 공정데이터, 알람데이터, 상태데이터, 고장/정비이력 데이터는 수소통합모니터링센터로 실시간으로 수집되며, 사전에 구축된 설비의 형상 정보, 제어 로직, 설비분류체계, 부품 사양 등과 유기적으로 데이터 체계를 형성하여 설비에 대한 진단이 종합적으로 이루어지고 있다. 설비의 고장관리 방법으로 학습기반, 규칙기반, 디지털 트윈 세가지 접근방법을 채택하고 있으며, 특히 디지털 트윈으로부터 고장데이터 추출, 설비 사양 설계 및 운전 안전성 사전진단 등을 수행할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

Acknowledgement : 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 20227310100060)

Simulink 기반 수소충전소 공정해석 프로그램의 Standalone 보급방안에 대한 연구

이동현, 이수현, 채충근
(주)미래기존연구소

A Study on the Supply Method of Simulink-based Hydrogen Refuelling Station Process Analysis Standalone Program

Donghyun Lee, Suhyun Lee, Chungkeun Chae
Mirae EHS-Code Research Institute

요 약

산업부, 국토부, 환경부 등 관계부처는 수소 인프라 및 충전소 구축방안을 수립하였고, 2030년까지 수소충전소 누적 660기 구축계획을 발표하였다. 그러나 현재 수소충전소는 설계 및 구축 시 위험요인 진단 미흡 등으로 인한 충전소 가동 중지가 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 수소충전소의 안전성을 검토할 수 있는 수소충전소 공정해석 프로그램의 보급방안 연구를 진행하였다.

수소충전소 공정해석 프로그램의 원활한 보급을 위해서 프로그램 유용성과 사용자 편의성을 고려해야 한다. 프로그램 유용성의 확보를 위해 수소충전소의 구성, 설비용량의 적정성 평가, 최적화 해석 기능 등을 고려하였다. 특히, 대기온도 및 차량용 수소 용기의 충전 초기압력, 공급온도 등의 환경적인 조건에 따른 해석 기능을 구현하였다. 또한 사용자 편의성의 확보 및 보급을 위해 Simulink 기반의 프로그램을 Standalone 형태의 프로그램으로 개발하는 것을 연구하였다. Standalone 형태의 프로그램 개발을 위해 프로그램의 앱 디자인을 진행하였다.

수소충전소 공정해석 프로그램은 수소충전소의 설계단계에서 안전성 검토가 가능한 프로그램이다. 또한 기존 종합 공정해석 프로그램들과 달리 수소 충전프로토콜 반영이 가능하다. 이러한 수소충전소 공정해석 프로그램이 보급 확대된다면 수소충전소 구축 가속화의 기반을 마련할 것이며, 수소충전소 안전성을 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

수소 충전소 및 수소 충전 과정의 열역학적 분석

박병흥

한국교통대학교 화공생물공학전공

Thermodynamic Analysis on Hydrogen Station and Hydrogen Refueling Process

Byung Heung Park

Department of Chemical and Biological Engineering, Korea National University of Transportation

요 약

수소 연료전지 차량에 수소를 공급하기 위해 설계되는 충전소는 압축 기체 상태로 수소를 저장하는 방식과 액체 상태로 수소를 저장하는 방식으로 구분할 수 있다. 각각의 방식으로 저장되는 수소는 온도와 압력에 따라 다른 열역학적 상태를 나타내게 된다. 충전 과정에서 온도와 압력은 변화하고 이에 따라 열역학적 상태 또한 변화하게 되며 열역학적 물성의 정량적인 변화량은 저장 방식에 의존하게 된다. 이러한 변화를 이론적으로 분석하고 이해하는 것은 수소 충전소의 효율 향상을 위해 필수적인 지식을 제공하게 된다. 본 연구에서는 수소 저장 방식을 고려하여 온도-압력 조건에서 상도표를 해석하고 충전 과정에서 압축기, 냉각기 등을 거치면서 유발되는 온도-엔트로피 변화를 분석하였다. 이들은 기계적으로 인가되어야 하는 일의 양을 추산하고 열적으로 제거되어야 하는 열에너지의 양을 계산하기 위해 활용될 수 있다. 이와 함께, 충전 과정에서 차량 내 수소 저장 탱크에서 발생하는 온도 상승의 원인을 Joule-Thomson 효과, 압축열, 내부에너지, 운동에너지, 위치에너지 등 에너지 수지에 포함되어야 하는 항목들을 중심으로 열역학적 해석을 수행함으로써 수소 충전 모델링 및 프로토콜 개발의 기초를 제시하고 있다.

*본 연구는 산업통상자원부와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (과제번호: 20227310100060)

액체수소충전소 동적 시뮬레이션을 위한 공정모델링

김지영, 이창열, 김용운, 최대한
에이블맥스(주)

Process Modeling for Dynamic Simulation of Liquid Hydrogen Station

Jiyoung Kim, Changryeol Lee, Yongun Kim, Daehan Choi
ableMAX Co.,Ltd.

요 약

전세계적으로 탄소중립을 위한 노력이 활발한 가운데 수소가 신재생에너지로 주목받으면서 국내에서도 수소 모빌리티의 원활한 보급과 운영을 위해 수소 충전 인프라를 구축하고 있다. 액체수소를 사용하게 되면 기체수소 대비 밀도가 800배 높아 수송 및 저장 측면의 장점이 있어 수소 자동차 보급을 가속화 시킬 수 있다. 그러나 액체수소를 사용하게 되면 상변화와 같은 복잡한 현상을 동반하기 때문에 수소 충전 인프라의 안정적인 확대를 위해서는 충전 시스템의 안전성을 검증하고 정성적으로 평가할 수 있는 기준과 장치가 마련되어야 한다. 본 연구에서는 액체수소충전소의 안전성 진단을 위해 동적 시뮬레이션 공정모델과 해석을 위한 관련사항에 대해 논의하고자 한다.

액체수소를 저장탱크로부터 디스펜서를 통해 모빌리티에 공급하는 일련의 과정에서 수소는 온도와 압력 상승으로 인해 기화되거나 초임계 영역에 도달하는 등의 다양한 거동을 보인다. 뿐만 아니라 수소는 두 원자의 핵스핀 방향에 따라 ortho-수소와 para-수소의 두 가지 형태로 구분할 수 있는데 상온에서는 75%의 ortho-수소와 25%의 para-수소로 구성된 normal-수소로 존재하는 반면 극저온 조건에서는 para-수소의 비율이 거의 100%에 달하게 된다. ortho-수소와 para-수소의 비율에 따라 엔탈피의 차이가 존재하며 온도가 낮을수록 그 차이가 극명하게 나타난다. 이에 본 발표에서는 액체수소충전소에서 공정 중 변화하는 수소의 상태를 반영한 열유체 해석 모델과 동적 시뮬레이션 방법에 대해 소개하고자 한다.

액화 수소충전소에 대한 LOPA 적용 방법 고찰

이충현, 이광원*, 서두현, 이동민***, 김현기***, 신단비***, 김태훈***†**
호서대학교 안전행정공학과, **호서대학교 안전소방학부, ***피에스피, 호서대학교
안전공학과, ***† 호서대학교 안전공학과

A Study on LOPA Application Method for Mobile Liquefied Hydrogen Refueling Station

Lee Chung Hyun, Rhie Kwang-Won*, Seo Doo-Hyouon, Lee Dong-min***, Kim Hyeon-Ki***, Shin Dan-bee***, Kim Tae-Hoon***†**

Department of Safety and Public Administration, Hoseo University,

**Division of Safety and fire Protection, Hoseo University,*

***PSP*

****† Department of Safety Engineering, Hoseo University,*

요 약

액화 수소충전소는 영하 253도 이하로 냉각하여 액체상태로 운반한다. 온도 유지에 실패할 경우 800배의 부피팽창이 일어나 수소 누출이 우려된다. 액화 수소충전소는 기존 기체 수소충전소에 비해 높은 수준의 안전성 확보와 사고 예방 및 피해 저감을 위해 방호계층의 신뢰성 확보가 필수적이다. 이러한 이유로 액화 수소충전소에 LOPA를 적용하여 고안전성을 확보할 필요가 있다.

본 연구에서는 액화 수소충전소의 안전성을 확보하기 위하여 정성적(HAZOP) 평가를 통해 도출한 결과에 따라 얻은 시나리오를 사용하여 반정량적(LOPA) 평가를 적용 실시하였다. 적용에는 KOSHA GUIDE P-113-2012, IEC 61508을 참고하였다.

액화 수소충전소에서 발생 가능한 중대 사고인 누출, 화재 및 폭발에 대해 개시사건을 정의하고, 이에 따른 일반공정설계, 기본공정제어시스템, 경보 등을 고려하여 적용가능한 추가적인 완화대책을 살펴보았다.

적용된 데이터는 기존 화학 공정에서 사용하기 위한 값으로 액화 수소충전소에 적용하기 어려움이 있었다. 향후 수소충전소 전용 데이터를 확보하여 LOPA를 실시해 안전성을 확보가 필요할 것이라 사료된다.

Acknowledgement : 본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 액화수소 충전 핵심부품 및 시설 안전 기술개발사업으로 지원받아 수행하였습니다. (No. 20227310100060)

수소충전소 설계 및 운전 안전성 평가 프로그램 국외 기술 동향 분석

강석민, 최정환*, 서재민[†]
(주)세이프티아

Technical Trend of Hydrogen Station Design and Operation Safety Evaluation Program

Seok Min Kang, Jeong Hwan Choi*, Jae Min Seo[†]
SafeTia Co., Ltd.

요 약

국내 수소충전소의 설계 및 구축 시 위험요인 진단 미흡으로 인한 충전소 가동 중지가 빈번하게 발생하고 있다. 이에 수소충전소 안전성 확보를 위한 사전 진단프로그램 개발이 필요하며, 이를 위해 관련 분야 기술 개발에 대한 동향 조사와 분석이 우선 요구된다.

수소분야에서 대표적인 사전 진단 프로그램으로 exSILentia의 LOPA 프로그램, NREL의 H2FillS 프로그램, MathWorks의 Simulink가 있다.

exSILentia의 LOPA 프로그램은 1) Dashboard, 2) HAZOP, 3) LOPA로 구성되어 있다. 1) Dashboard의 경우 프로젝트를 생성하고, 프로젝트의 현황을 확인하는 메뉴이다. 2) HAZOP은 잠재 위험을 발굴하고 그에 대한 시나리오를 입력하도록 구성되어 있다. HAZOP 평가를 통하여 각 시나리오의 LOPA 수행 여부를 선택하도록 구성되어 있다. 3) LOPA 메뉴는 HAZOP 평가 이후 LOPA 수행 여부에 따라 평가를 진행하도록 구성되어 있다. 평가 후 Dashboard에서 평가한 결과를 확인하고 보고서 출력 기능을 통하여 위험성 평가 결과를 확인할 수 있다.

NREL의 H2FillS 프로그램은 1) H2FillS, 2) H2FillS-Partial로 구성되어 있다. 1) H2FillS는 수소충전소의 전체 설계 프로세스를 작성하여 평가하도록 구성되어 있다. 2) H2FillS-Partial은 수소충전소의 일부분만 평가하고자 할 경우 해당 기능을 통하여 평가하도록 기능 구현되어 있다. 시뮬레이션 결과는 그래프를 통한 결과를 확인 가능하고 엑셀 출력 기능을 지원한다.

MathWorks의 Simulink 프로그램은 1) Dashboard, 2) MATLAB, 3) Simulink로 구성되어 있다. 1) Dashboard는 프로젝트 생성 및 평가 현황을 확인 할 수 있다. 2) MATLAB은 Simulink를 수행하기 위한 수식들을 입력 관리하는 메뉴이다. 3) Simulink는 수소충전소의 설계 시나리오를 입력하고 각 컴포넌트에 MATLAB에 입력된 수식 데이터를 호출하여 적용하도록 구성되어 있다. 해당 결과는 그래프를 통하여 확인 할 수 있다.

전자업종 산/알칼리 공급 시스템에 대한 계통 설계에 의한 과압 보호 검토

예대성, 오경석, 정으뜸, 김영한, 이수희[†]
삼성전자 GCS팀

Review for The Overpressure Protection by System Design of Acid/Alkali Supply System in Electronic Industry

Dae Sung Ye, Kyeong Seok Oh, Eui Ttum Jeong
Young Han Kim, Su Hee Lee[†]

Samsung Electronics Global Manufacturing&Infra Technology GCS Team

요 약

안전밸브는 화학설비 및 그 부속설비(이하“용기 등”이라 한다)에 설계압력 또는 최고허용압력(MAWP)이상의 과압 발생에 따른 폭발을 방지하기 위하여 설치하며 해당 설비에 안전밸브 설치 필요성 유무를 결정하기 위해서 과압시나리오 분석(출구차단, 냉각수 중단, 외부화재 등)을 실시하게 된다. 이 분석을 통해서 적용 가능한 시나리오(Credible scenario)들이 도출되면 해당 시나리오들에 의한 과압을 방지하기 위하여 안전밸브를 설치한다. 반면에 용기 등의 설계압력 이상의 과압시나리오가 없는 경우에는 기술적, 논리적으로 안전밸브 설치가 필요 없다고 판단된다.

ASME(American Society of Mechanical Engineers)는 2008년에 이러한 계통설계에 의한 과압보호(overpressure protection by system design)된 경우에 안전밸브를 설치하지 않아도 된다는 의견을 채택하여 UG-140으로 명시하였으며 현재는 ASME BPVC Section XIII 2021 Part 13에서 해당 내용을 다루고 있다. 이를 근거로 용기 등에 안전밸브를 설치 하지 않은 해외 적용 사례도 있다. 국내에서는 KS B 6750-3 10.1.15에서ASME와 동일하게 언급하고 있다.

ASME Code 및 해외 적용 사례에도 불구하고 국내에서는 산업안전보건기준에 관한 규칙 제261조1항 1호에서는 용기 등의 실제적인 과압 여부를 고려하지 않고 압력용기에 안전밸브 설치를 규정하고 있으며 추후 국제적인 흐름에 맞춰 개정이 필요한 부분이라 판단된다.

앞서 언급한 ASME code와 해외 적용사례를 고려하여 본 검토에서는 전자업종의 산/알칼리 공급 시스템 중 N2(Push gas)로 가압하여 산/알칼리를 공급하는 시스템이 계통 설계에 의한 과압 보호가 되어 안전밸브가 필요 없다는 것을 두 단계로 입증하였다. 첫 번째 단계에서는 해당 시스템에 대해 과압시나리오 분석을 실시 하였으며, 두 번째 단계에서는 해당시스템에 대해 위험성 평가를 실시 하였다.

Key word : Overpressure protection by system design, Causes of overpressure, HAZOP, API 521

가스·수소 시설의 스마트 이상감지 및 진단 시스템 기술동향

박명남*, 김병권**, 홍기훈***, 신동일****

(주)스페이스스, **충북테크노파크 혁신사업팀, *고등기술연구원 플랜트공정개발센터, ****명지대학교 화학공학과*

Technology Trends of Smart Abnormal Detection and Diagnosis System for Gas and Hydrogen Facilities

Myeongnam Park*, Byungkwon Kim, Gi Hoon Hong***, Dongil Shin******

**38, Digital-ro 29-gil, Guro-gu, Seoul 08381, Korea*

***76, Yeongudanji-ro, Ochang-eup, Cheongwon-gu, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do 28116, Korea*

****Plant Process Development Center, Institute for Advanced Engineering, Yongin 17180, Korea*

*****Department of Chemical Engineering, Myongji University, 116 Myongji-ro, Yongin, Gyeonggi-do 17058, Korea*

요 약

기후변화 대응에 따른 전세계적인 탄소중립 이행에 대한 요구는 수출주도형 경제구조와 온실가스 수출 국가로 분류되어 있는 우리나라를 비롯한 일부 국가들에게 탄소 무역장벽 대응방안을 마련해야 하는 상황에 놓여있다. 따라서, 탄소중립 이행 모델의 적용을 위해 예측 가능한 방법 중에 하나인 디지털 전환을 앞당겨 도입해야 한다. 주요산업 중 하나인, 첨단제조산업에서 쓰이는 산업용 가스 제조시설과 친환경 에너지로 부각되고 있는 수소 가스시설에 디지털 기술을 적용하여, 이상감지 및 진단 서비스를 클라우드 기반의 조업지식이 포함된 예측진단 모니터링 기술 동향을 소개한다. 단순히 실시간 설비 상태를 모니터링하는 것이 아닌, 최적화와 증강현실 기술, 그리고 IoT 와 AI 지식 추론 등을 통해 이상진단 예측 모니터링의 구축 방향을 확인하고, 탄소중립 이행의 사각지대에 놓여 있는, 중소·중견 기업의 경제성과 효율성이 부합되는, 엔지니어링 도메인의 합의된 지식과 예측진단 모니터링 등의 기술 보급 가능성을 살펴 볼 수 있다. 최고 수준의 ICT 기술을 바탕으로 탄소배출 무역장벽에 따른 대응 방안을 모색하는 하나의 방안으로 활용되길 바라며, 해당 기술의 도입을 통해, 탄소중립 이행에 따른 중소·중견기업의 마중물이 될 것이다.

가스사고조사 업무 자동화를 위한 YOLO 및 CNN 기반 로봇비전 알고리즘 개발

이우귀연, 이다솔, 홍승운
한국가스안전공사

A Development of Robot Vision Algorithm based on YOLO and CNN for Task Automation of Gas Accident Investigation

Ugwiyeon Lee, Daseul Lee, Seongwoon Hong
Korea Gas Safety Corporation

요 약

최근 빅데이터, 인공지능, 메타버스 등 4차산업혁명 기술이 급격하게 산업계 전반에 적용됨에 따라 한국가스안전공사 또한 가스사고조사 분야 등 가스안전관리 업무의 자동화를 위해 다양한 차세대 기술들을 개발하고 있다. 가스사고조사 업무를 자동화하기 위해서는 사람이 아닌 드론이나 로봇을 재난현장에 투입하여 사고현장 내 사고원인을 조사하고 증거를 수집하는 활동을 자동화할 필요가 있다. 이때 핵심이 되는 기술이 로봇비전 기술이다. 로봇비전이란 단어 자체가 주는 의미 그대로 로봇이 시각적으로 사고현장을 인식하고 탐색이나 검사 등을 수행하는 기술이다.

가스사고 조사 업무의 기본적인 프로세스는 우선 사고현장에서 사고의 원인이 될 수 있는 가스용품이나 설비들을 탐색하고, 이후 발견된 용품이나 설비를 시각적으로 분석하고 사고원인을 도출하는 2단계로 구성된다. 본 연구에서는 로봇비전 분야의 대표적인 기술인 YOLO와 CNN 알고리즘을 활용한다. 사고 현장에서 용품이나 설비의 탐색은 YOLO 알고리즘을 적용하고 사고 피해 및 원인 추정을 위한 세부적인 분석은 CNN을 적용하였다.

YOLO 알고리즘의 YOLO는 You Only Look Once의 약자로 로봇이 카메라를 통해 획득한 사진이나 영상에서 원하는 객체를 감지하는 기능을 갖는다. CNN은 Convolutional Neural Network의 약자로 주로 시각적 이미지를 세부적으로 분석하고 분류하는 데 사용된다.

본 연구는 한국가스안전공사 재난안전처에서 추진하고 있는 가스사고관리시스템 (Gas Incidents Management System) 개발의 일환으로 진행되고 있다.

플라스틱 분진의 정전기 착화 위험성 평가

한우섭, 서동현, 최이락

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

Evaluation of Electrostatic Hazard in Plastic Powders

OuSup HAN, DongHyun SEO, Yi-Rak CHOI

Occupational Safety & Health Research Institute, KOSHA, Deajeon 305-380, Korea

요 약

사업장에서 가연성의 분진, 가스 등의 화학물질을 사용·취급 과정에서 정전기 방전이 발생하면 착화원으로 작용하여 화재폭발사고가 일어날 수 있다. 그러나 정전기의 발생은 자연적 현상으로서 예측이 어려우며 화학물질 취급과정이나 공정운전 중에는 정전기를 확인하는 것이 쉽지 않기 때문에 대부분의 사업장에서는 정전기에 대한 안전대책이 미비한 경우가 많다. 정전기에 의한 화학물질의 화재폭발 예방은 정전기가 착화원으로 작용하지 않도록 하는 것이 목적이며, 구체적으로 정전기 대전을 억제하고 착화성 방전으로 이어지지 않도록 하는 것이 중요하다. 국내에서 발생한 정전기 착화에 의한 화재폭발 사고사례에 따르면 분체투입과 집진공정에서와 같이 분진 취급 공정에서 화재폭발사고가 많이 일어나고 있다. 분체 투입 공정에서는 플레시블 컨테이너, 종이, 플라스틱 재질 등으로 만들어진 포장지에 저장한 원료를 반응 용기에 투입하는 과정에서 일어난 사고가 많다. 용체를 반응용기의 내부에 투입하지 않는 공정에서 분진이 착화한 사고사례도 있는데, 이러한 분체 투입 작업시에는 분진의 최소착화에너지가 작을수록 화재폭발 발생 가능성은 높아진다. 또한 집진 장치에서 일어난 정전기 착화에 기인한 화재폭발사고는 집진 덕트나 백필터에서 분진의 제거작업, 분체의 회수 과정 및 분진청소 작업 시에 주로 발생하고 있다. 그 밖에 근로자가 작업 과정에서 정전기 착화에 의한 화재폭발사고가 많이 발생하고 있는데 이는 작업자의 인체가 잠재적인 도체로서 정전기 착화의 직접요인이 될 수 있다는 가능성을 나타내고 있다. 본 연구에서는 플라스틱 분진의 취급 공정에서 정전기가 착화원으로 작용한 화재폭발사고 예방을 위해서 정전압 측정기를 활용한 착화에너지를 추정하는 방법과 정전기 착화 위험성의 효율적인 관리 방안을 제시하였다.

초음파 탐지기술을 활용한 가스누출 신속 감지 기술 개발에 대한 연구

이준혁, 노호성, 박병준
한국화재보험협회 부설 방재시험연구원

A study on the development of gas leak detection technology using ultrasonic technology

Joonhyuk Lee, Hoseong Rho, Byeongjun Park
Fire Insurers Laboratories of Korea(FILK)

요 약

중·저압 가스 배관은 고압 가스 배관에 비해 위험도가 낮다고 간주되어 기존에는 검사에 대한 기준이 확립되지 않았으나, 2019년부터 고압가스 배관에만 적용하던 배관 검사를 중·저압 배관 검사로까지 확대하여 실시하고 있다. 중·저압 가스 배관에도 가연성 또는 유독성 물질의 누출이 일어나며 이를 관리하기 위한 예방 기술이 필요하지만 중·저압 배관에서 발생하는 미세한 누출을 탐지하기 위한 기술 개발 수준은 이를 충족하지 못하는 실정이다. 석유화학사업장 내 중·저압 가스 배관의 미세 누출은 현장에서뿐만 아니라, 통합 가스 누출 감시 시스템 등 각종 감지 시스템으로도 짧은 시간 안에 파악하기는 매우 어렵다.

따라서, 본 연구에서는 기존의 Batcam 2.0 모델을 활용하여 배관 미세누출 감지 성능 향상을 위한 AI 기술 개발이 적용된 초음파/영상 융합 카메라를 개발하고자 한다. 이는 방수 및 방진 기능이 포함된 모델로의 개량으로 하드웨어를 발전시키고, 다양한 배관 누출 상황 실험 및 초음파/영상 데이터 수집을 토대로 인공지능(AI) 학습을 통하여 제품 자체의 정밀도를 높이는 등 소프트웨어 측면에서도 발전된 성능을 확보할 수 있다.

또한, 최종 개발품은 현재의 Portable 형식이 아닌 Non-Portable 형식의 체계화된 상시 감시 시스템을 구축하여 가스 누출 위험 구역을 실시간으로 감시하고, 누출 시 상황 전파가 가능한 개발품을 구축하는 형태로 연구개발을 진행하고 있다. 연구개발을 위하여 석유화학사업장과 유사한 환경을 나타내는 실증실험장을 야외에 구축하고 ASTM E 1002-11의 기준을 준용하여 가스 누출량 등을 조절해가며 다양한 조건 하에서 초음파/영상 데이터를 수집한다. 이렇게 수집된 데이터는 인공지능 학습 등에 활용되어 개발품의 정밀도, 누설탐지 민감도, 위치정확도 등을 발전시키는 데 활용된다.

본 연구를 통하여 석유화학 사업장 내 가스 누출 시 신속한 누출 감지를 통한 안전성 증대뿐만 아니라, 개발품을 보험산업과 연계하여 보험시장 손해를 저감 및 사업화를 극대화할 수 있도록 제도적인 개선이 가능할 것으로 보인다.

※ 본 연구 내용은 산업통상자원부 제조안전혁신기술개발사업 “중·저압 유화 산업 배관 사고 예방을 위한 음향/영상 융합 기반 누출 감지 기술 개발(과제번호 20022223)”의 지원으로 진행됨.

AI 영상인식 기반의 가스누출 감지 기술 개발에 대한 연구

노호성, 이준혁, 박병준

한국화재보험협회 부설 방재시험연구원

A study on the development of gas leak detection technology based on AI Image Analysis

Hoseong Rho, Joonhyuk Lee, Byeongjun Park

Fire Insurers Laboratories of Korea(FILK)

요 약

석유화학공장 등에 설치된 중·저압 가스 배관은 가연성 또는 유독성 물질의 누출이 종종 일어나며 이를 조기에 감지 및 경보하는 시스템이 존재하여 왔다. 감지시스템은 감지기이용, 무선센서 이용 등 여러 가지 방법으로 구현되어 왔다. 배관에서 미세한 가스누출이 발생할 경우 통합 가스 누출 감시 시스템 등 각종 감지 시스템으로도 짧은 시간 안에 파악하기는 매우 어렵다. 따라서 이러한 미세누출을 감지하기 위하여 초음파/영상을 이용하는 방법이 도입되어 왔다. 최근의 기술개발추세는 이러한 초음파/영상에 AI 영상인식을 도입하는 추세로 흘러가고 있다. 따라서 본 연구에서는 AI를 이용한 영상인식을 어떻게 구현하는지 설명하고 다양한 배관 누출 상황 실험 및 초음파/영상 데이터 수집을 토대로 인공지능(AI) 학습을 통하여 빠른 감지를 할 수 있도록 하는 AI영상인식기반의 미세누출 감지기술개발 연구를 소개하고자 한다.

※ 본 연구 내용은 산업통상자원부 제조안전혁신기술개발사업 “중·저압 유화 산업 배관 사고 예방을 위한 음향/영상 융합 기반 누출 감지 기술 개발(과제번호 20022223)”의 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

강관의 굽힘 및 압축하중 하에서 자성(Magnetization)과 변형률의 상관관계 연구

최원목, 고재필, 권순길, 장윤찬
한국가스공사 가스연구원

Study on The Relationship Between Magnetization and Strain of Steel Pipes under The Bending and Compression Forces

Choi Won Mog, Ko Jae Pil, Kwon Sun Gil, Jang Yun Chan
KOGAS Research Institute

요 약

배관에 발생한 응력을 평가하기 위해서는 일반적으로 strain gage 또는 잔류응력 측정기에서 측정된 변형률로 응력을 계산한다. 하지만 strain gage의 경우 gage 설치 이전에 발생한 변형률의 크기를 알 수 없고 잔류응력측정기는 변형률 측정을 위해 모재에 손상을 발생시켜야하기 때문에 사용에 제약이 있다. Strain gage와 잔류응력측정기는 한 점에 대한 변형률만 측정이 가능하므로 넓은 면적에 대한 연속적인 변형률 측정을 위해서는 상당히 많은 수의 gage와 측정점이 필요하고 또한, 채널수가 많아져 다채널 고가 DAQ 장비가 필요하다. MMM(Metal Magnetic Memory) 법은 최근 러시아에서 고안된 방법으로 강자성체 재료로 만들어진 구조물의 응력집중 부과 결함부를 신속하게 찾기 위한 일종의 비파괴 검사방법 중 하나이다. 탄소강과 같은 강자성체는 역자왜효과로 인해 구조물에 응력이 발생하면 응력 방향으로 자기장의 변화가 발생한다. 이러한 미세한 자기장의 변화를 특수하게 고안된 장비를 이용하여 측정하면 자기장의 변화량으로부터 변형률을 계산할 수 있다. 이론적으로 응력에 의해 발생한 자기의 크기와 변형률의 크기는 선형관계에 있으므로 실제 배관에 발생한 변형률을 이론상으로 MMM 법을 이용하여 추정이 가능하다. MMM 법을 이용하여 배관에 발생한 변형률 추정이 가능한지 실험적으로 검증하기 위해 본 연구에서는 20인치 X65 가스배관을 이용한 굽힘반복하중실험을 수행하였고 소성변형이 발생하는 배관 상부와 탄성변형이 발생하는 배관 측면에서 각각 자기 변형과 변형률을 측정하여 비교 평가를 하였다. 그 결과 변형률과 자기의 변화 경향은 잘 일치 하였지만 변형률의 크기에 따른 자기 변화비율을 비교한 결과 압축변형에서는 비율이 선형적이었지만 인장변형에서는 비선형 거동을 보였다.

LH2 멤브레인 저장탱크 인수기지 공정 전산 시뮬레이션을 통한 BOG 발생 거동 분석

김동혁, 이영범, 서흥석, 권용수, 박창원, 권휘웅
한국가스공사 가스연구원

BOG generation behavior analysis through process computational simulation of the LH2 receiving terminal with membrane storage tank

D. H. Kim, Y. B. Lee, H. S. Seo, Y. S. Kwon, C. W. Park, H. W. Kwon
Research Institute KOGAS

요 약

수소 에너지는 국내뿐만 아니라 세계적으로도 CO₂ 발생 제로를 통한 환경 및 기후 온난화 위기극복의 대응 방안으로 대두되고 있다. 정부는 국내 수소 산업 확대를 위하여 수소 생산, 운송, 저장, 발전 분야에 대한 로드맵을 제시하고 전반적인 수소 산업 활성화를 위해 대처해 나가고 있다.

본 발표는 액화수소 저장 분야에서 대용량으로 저장할 수 있는 LH₂ 멤브레인 저장탱크 인수기지에 대한 공정 전산 시뮬레이션 모델 구축하고 이를 통한 인수기지 저장탱크 BOG(Boil-off Gas) 발생 거동을 분석한 내용이다.

현재 LH₂ 멤브레인 저장탱크 인수기지는 세계적으로도 존재하지 않으며, 상용화된 산업용 LH₂ 공정설비 개발 또한 미흡한 실정이다. 그러나 미래에 수소 산업이 활성화 된다면 저장분야 또한 이에 대처하여야 한다. LH₂ 멤브레인 저장탱크 인수기지는 대용량 액화수소를 저장하며 수요처에 송출할 수 있는 주요한 방안이다.

전산 시뮬레이션 모델이 대상이 되는 LH₂ 멤브레인 저장탱크 인수기지가 아직 존재하지 않기에, 제주 LNG 멤브레인 저장탱크 인수기지 자료를 참고하여 기지면적, 공정설비 구성, 운영조건을 가정하여 만들었기에, 미래에 LH₂ 멤브레인 저장탱크 인수기지 설계단계에 들어선다면 운영조건 변경 및 공정설비 구성 보완점도 연구되어야 한다.

본 분석은 Aspen plus(ver. 11) 시뮬레이터를 사용하였고, 열역학 모델식은 REFPROP를 적용하였다.

선박용 액화수소 저장탱크 제조에 필요한 추가 안전기준 분석

이동현, 강승규, 오정석
한국가스안전공사 가스안전연구원

Analysis of Additional Safety Standards Required for Manufacturing Liquid Hydrogen Storage Tanks for Ships

DONG-HYUN LEE, SEUNG-KYU KANG, JEONG-SEOK OH
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation
1390 Wonjung-ro, Maengdong-myeon, Eumseong-gun, Chungcheongbuk-do,
Korea

요 약

액화수소는 기체수소보다 부피가 약 1/800로 저장밀도가 높아 효율적인 저장·운송이 가능하다. 정부의 수소경제활성화 로드맵에 따라 2030년 이후 수소경제의 성숙기 진입에 대비하여 액화수소를 활용한 저장·운송은 필수적이다. 특히, 급변하는 국제정세에 대한 안정적인 에너지 공급을 위해서는 선박을 활용한 국가 간 에너지 대량 수송기술 확보가 요구된다. 액화수소 저장기술은 아직 초기 개발 단계이지만, 국제사회에서 선도하는 액화천연가스 수송 시스템을 활용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한, 국가적 연구를 지원하기 위해서 액화수소관련 추가 안전기준 27종이 마련되어 있다. 하지만, 선박 안의 고압가스는 고압가스안전관리법에서 제외되기 때문에 현재까지는 적용할 수 있는 법령 및 기준이 없다. 따라서, 본 연구는 기존의 액화수소 관련 추가 안전기준이 선박용 액화수소 저장탱크 제조에 적용 가능한지 기준 분석을 수행하였다.

“본 연구는 산업통상자원부 소재부품기술개발사업(20019513) 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

다양한 진공단열방법 소개 및 액체수소저장설비 적용 방안

이영범, 서흥석, 김동혁, 모용기, 권용수, 박창원, 권휘웅
한국가스공사 가스연구원

Instructions of Various Vacuum Insulation Methods and Their Application to the Storage Facilities for Liquid Hydrogen

Yeongbeom Lee, Heungseok Seo, Donghyuk Kim, Yonggi Mo, Yongsoo Kwon,
Changwon Park, Hweeung Kwon
R&D Institute of Korea Gas Corporation

요 약

2022년 한 해 동안만 해도 무더위와 가뭄에 따른 미국 캘리포니아의 산불, 영국과 독일 등 유럽 지역의 가뭄 등 전 세계가 크고 작은 자연재해를 겪고 있다. 이런 자연재해의 원인으로 기후변화를 지목하고, 또 지구온난화가 이러한 기후변화의 주요 원인을 제공하고 있다는 데는 이제 큰 이견이 없는 것으로 판단된다. 2016년 파리기후변화협정을 통하여 전 세계는 지구의 평균 온도 상승을 1.5 °C 이하로 제한하고자 하고 있다. 파리기후변화협정의 준수를 위해서는 이산화탄소를 배출하지 않는 에너지를 위주로 하는 Energy Mix의 변화가 필요하다. 이러한 이유로 저탄소 및 신재생 수소가 장래의 탈탄소화 에너지체계에서 중요한 역할을 할 것이라는 인식이 확산되고 있다. 이 중 신재생에너지를 기반으로 하는 신재생 수소는 재생에너지가 풍부한 지역에서 생산되어 에너지 수요가 많은 지역으로의 이동이 발생할 것으로 예측되고 있다. 육로를 통한 이송은 파이프라인을 통해, 해상을 통한 이송은 암모니아 등의 수소 파생물질을 통하거나 액체수소를 통한 형태로 이루어질 것으로 예상된다. 액체수소를 통한 해상 수송에는 수소액화기지, 액체수소용 파이프라인, 액체수소 운반선, 액체수소인수터미널 등 다양한 액체수소용 인프라설비의 구축이 요구된다. 이러한 액체수소 인프라설비의 구성에 필수적인 요소는 단열이다. 액체수소의 끓는점은 -253 °C이고 1기압 하에서 액체수소의 밀도는 71 kg/m³으로 작아 액체수소의 저장성이 낮기 때문에 효과적인 단열이 매우 중요하다. 고진공을 형성하고 적절한 구성이 이루어질 경우 진공단열은, 일반적으로 성능이 우수한 유기단열재보다 5배 이상 우수한 단열성능을 나타내는 것으로 알려져 있다. 본 발표에서는 초저온설비에 적용할 수 있는 진공단열방법에 대해 알아보고 이들 진공단열방법을 액체수소저장설비에 적용할 경우 고려해야 할 사항에 대해 발표하고자 한다.

수소충전소 계량시스템 추가 및 검사장비 실증 위험성 파악

장현우, 이화영, 이재훈
한국가스안전공사 가스안전연구원

Risk Assessment of Additional Metering System in Hydrogen Station and Performance Evaluation Device

Hyeon-woo Jang, Hwa-young Lee, Jae-hoon Lee
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

충전소의 운영에 있어서 계량 오차는 가스 공급에 대한 소비자의 신뢰 뿐 아니라 과충전으로 인한 폭발 사고 예방을 위해서도 고려되어야 할 중요한 요소이다. 이는 계량 성능 평가를 통해 디스펜서에서 차량으로 충전되는 충전량의 정확성을 측정하여 확인이 가능하다. 특히 수소 충전에 있어서는 차량 충전 시 온도 및 압력의 급변으로 인해 정확한 충전량 측정이 어렵다. 이러한 이유로 기존 운영 중인 수소충전소는 공급량과 판매량이 불일치한다. 따라서 공급량과 실제 주입량에 대한 계량 정확도 향상이 필요하다. 본 연구에서는 이를 위한 필수 요소인 시공 및 계량성능 평가 장비의 위험성 평가를 다루었다.

첫째, 수소충전소 내부의 구조 변경 시공을 통해 유량시스템을 추가하였다. 시공을 통해 수소충전소의 압력 강하 및 유량 확인이 가능하다. 유량시스템은 튜브트레일러와 접한 Decant Panel 후단(200bar)과 디스펜서 전단(700bar)에 각각 bypass 배관에 연결하여 설치하였다. 이를 통해 기존 설치된 유량계와 분석을 위한 추가 유량계 간의 수치 비교가 가능하다.

둘째, 디스펜서에 연결하여 정밀한 오차 측정을 위한 평가장비를 개발하고 안전성 확인을 거쳐 현장 시험을 시행하였다. 질량기반 표준모델과 질량계량법, 기준유량계법의 교차검증으로 오차 도출을 목적으로 하며 이동이 가능한 트레일러 형식으로 제작하였다.

이러한 유량시스템 추가 공정 및 계량성능 평가장비에 대해 정성적 위험성 평가를 적용하였다. 그 중에서도 공정 위험성 평가(HAZOP) 및 작업 위험성 평가(JSA)를 시행하였다. 두 종류의 Node를 설정하여 HAZOP을 진행하였으며, JSA는 6가지의 작업 단계별로 분류하여 수행하였다. 두 과정 모두 방폭 · 과압해소 · 압력배출에 중점을 두었다. 위험성 분석 뿐 아니라 이를 기반으로 작업의 범위, 방법, 그리고 절차에 따른 자료 또한 구축하였다.

이를 통해 최종적으로 국내에 적합한 최대허용오차를 제시하는 것으로 수소 이동수단과 충전소의 저변 확대를 기대하고 있다.

PAUT 절차서 검증을 위한 시험편 조사 및 분석

김민주, 김정환, 이민경, 이재훈
한국가스안전공사 가스안전연구원

Investigation and Analysis of Specimens for Verification of PAUT Procedures

MinJoo Kim, JungHwan Kim, MinKyung Lee, JaeHun Lee
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요약

현재 가스설비와 시설의 운전 안전성 및 재료의 건전성 검증을 위해 다양한 비파괴검사 방법이 적용되고 있다. 주로 활용되는 방사선투과시험에 대한 대체 시험법으로 가스설비 중 LNG 저장탱크의 위상배열초음파검사(PAUT) 도입 타당성을 검증하여 API 620의 기준에 따라 상세기준 KGS code AC115의 개정이 이루어졌으며, 가스배관, 압력용기 등 다른 설비에 대한 PAUT 도입 타당성 및 탐상 결과를 통한 건전성 검증 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 PAUT 절차서 검증 시스템을 구축함으로써 검사 결과에 대한 신뢰성을 확보하고자 하며, 이를 위해 대구경 압력용기 강종에 대한 기준인 ASME BPVC Sec.V, ISO, API의 기준에서 제시하는 시험편의 규격을 조사하여 절차서 검증을 위한 시험편을 제작 중에 있다. 제작된 시험편을 바탕으로 추후 연구에서 시험편 제작과 절차서에 따른 탐상 결과를 바탕으로 절차서의 필수 구성 요소를 판단하여 PAUT 절차서 검증 시스템을 구축하고자 한다.

수소기술 국제표준화 성과 및 최신동향

강승규, 김혜림

한국가스안전공사 가스안전연구원 수소연구실

Latest trends and achievements in international standardization of hydrogen technology

Kang Seung Kyu, Kim Hye Lim

Division of Hydrogen Research, Korea Gas Safety Corporation

요 약

수소 기술 분야의 국제표준을 다루는 ISO/TC197은 42개국이 참여하고 있으며, 35개의 작업반이 운영 중으로 최근에 TC 산하에 Sub Committee를 신설하여 대용량 수소시스템 및 에너지저장시스템에 대한 표준화 작업을 진행할 예정이다. 분야별 작업반에서 활발히 수소 국제표준이 제정 중이며 이 가운데 국내에서 관심을 가지고 참여 중인 작업반을 살펴보면, WG5는 수소 충전 접속기기를 다루는 분과로써 최근 대용량 수소 충전을 위한 노즐 및 리셉터클 표준화 작업을 수행 중이다. 국내에서 시뮬레이션 검증 및 국내의 대 유량 충전 실증 실험계획을 소개하는 등 국내 의견을 적극적으로 반영하고자 노력하고 있다. WG24는 자동차 이외의 다양한 모빌리티에 대한 충전프로토콜을 표준화하는 작업을 수행 중이며, 충전 시 통신 방법 및 대용량 충전을 위한 프로토콜을 제안하여 국제표준에 국내 기술이 반영되도록 활동 중이다. WG15는 수소충전소에 설치되는 압력용기에 대한 표준화 작업을 진행 중이며, 국내에서 발생된 누출사고를 계기로 개정된 국내 기준을 국제표준안에 포함하는 활동을 수행 중이다. WG34는 국내에서 NP를 제안하여 국내 전문가가 프로젝트 리더를 맡아 표준화 작업을 진행 중이다. 현재까지 10차에 걸친 WG 회의를 거쳐 WD가 마무리되어 가는 중으로 이 표준이 완성되면 수소 기술 분야에서는 국내 최초로 국제표준이 등록될 예정이다. 수소 기술 분야의 표준화 로드맵 이행 현황을 살펴보면 수소 기술 분야에서 2022년까지 4종, 2030년까지 9종의 국제표준개발을 목표로 하고 있으며, 현재 수전해 안전 표준을 비롯한 4건의 국제표준이 진행 중이고 올해 말 총회에서 1건의 NP를 추가로 제안할 예정이다. 향후, 국내에서 추진되고 있는 정부 R&D와 연계하여 5건의 국제표준을 추진하여 로드맵에서 계획한 국제표준 성과를 이행할 예정이다.

(감사의 글)

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE) 국가기술표준원과 한국산업기술평가원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 “수소 연료전지 기술 국제표준화 기반 구축” 연구 과제입니다. (No.20011745)

액화수소 저장 및 운송 기술 연구

조충희, 황봄찬[†], 김현정, 오정석, 유방현
한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study of Technologies for LH₂ Storage & Transportaion

JOE CHOONGHEE, HWANG BOMCHAN[†], KIM HYUNJUNG
OH JUNGSUK, YU BANGHYUN

*Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation
1390 Wonjung-ro, Maengdong-myeon, Eumseong-gun, Chungcheongbuk-do,
Korea*

Abstract

글로벌 수소시장은 미국과 유럽을 중심으로 수소 생산, 운송, 저장, 활용 방식에 따른 다양한 연구가 이루어지고 있고 안전이 보장되는 실현가능한 수소사회를 위해 실증을 기반으로한 대규모 액화수소 저장 및 운송 프로젝트가 진행되고 있다. 국내 또한 경제성, 편의성, 안전성에 기반한 정책 발표와 더불어 중·대형 규모의 액화수소 인프라 구축이 진행되고 있다.

대규모 수소 수요 대응을 위해서는 기체수소 보다는 액화수소 활용이 더욱 유리하고 수소 모빌리티의 대형화와 장거리 운행 기술 개발, 수소의 대량 운송 및 저장을 위해 높은 에너지 밀도를 가지는 액화수소 저장 및 운송 기술 개발이 매우 중요한 단계로 현재 대용량 액화수소의 저장과 운송을 위한 여러 기초적인 연구가 진행되고 있지만 액화수소 인프라의 확대를 위해 주요 부품의 국산화 및 경제성과 안전성 검증을 위한 실증시험이 더욱 시급한 실정이다.

본 연구에서는 액화수소 운송 및 저장에 대한 국내·외 기술 동향과 해외 선진국의 고도화된 액화수소 R&D 현황을 소개하고자 한다.

[†]Corresponding author : springH@kgs.or.kr

수소용기 충전시스템 안전성 평가에 관한 연구

김부승, 조총희†, 오정석
한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on Quantitative Risk Assessment of a Hydrogen Cylinder Refueling System

Boo-Seung Kim, Choong-Hee Cho†, Jeong-seok Oh
*Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation, Republic of
Korea*

요 약

수소 경제를 선도하기 위해 미국, 일본, 독일, 기타 유럽 등의 주요 선진국들은 수소의 생산, 수송, 저장 및 활용 등 수소 전주기 밸류체인 전 단계에서 기술적, 경제적 수준을 높이기 위해 속도감 있게 질주하고 있다. 우리나라 또한 지난 정부의 수소경제 활성화 로드맵(19.1), 수소경제 표준화 로드맵(19.4) 발표 이후로 수소산업 선두주자 선에 합류하기 위해 빠르게 성장 중이다. 이와 동시에 수소충전소에 대한 안전 또한 중요 화두로 부상하였다. 수소충전소 대규모 누출 사고 발생 시 제트화염, 플래쉬화염 및 복사열로 인한 피해 등의 인적/물적 큰 손실을 가져온다.

본 연구에서는 수소 용기 충전 시스템에 대한 정량적인 안전성 평가를 진행하고자 한다. 이를 통해 용기 및 배관에서 수소 누출 시 발생할 수 있는 결과 및 개인적·사회적 위험도를 도출하고자 한다. 결과적으로 수소충전소 위험의 허용범위를 확인하고 추가 안전조치 필요성의 여부를 결정하여 수소안전 분야에 기여하고자 한다.

Acknowledgment : 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE) 및 한국에너지기술평가원(KETEP)의 2020년 산업기술혁신사업 지원으로 수행되었습니다.(No.202003010040010, 수소전기차 다차종 동시충전을 위한 광역수소충전소 핵심기술 개발)

Corresponding author : jch1128@kgs.or.kr

정량적 위험성평가 틀을 활용한 수소충전소 안전영향평가 분석

김동환, 조충희*

한국가스안전공사 가스안전연구원

Analysis of Risk Assessment of Hydrogen Fueling Station Using Quantitative Risk Assessment Tool

Dong-Hwan KIM, Choong-Hee Joe

Korea Gas Safety Corporation Institute of Gas Safety R&D

요 약

정부는 ‘수소경제 활성화 로드맵’을 발표하고, 2022년까지 수소충전소 310개소 구축 목표로 용·복합 수소충전소, 패키지수소충전소, 이동식수소충전소 모델이 개발되며 수소인프라가 확대되고 있다. 특히 이동식수소충전소 모델은 충전소가 이동하며 모빌리티에 충전이 가능한 장점이 있어, 수소인프라 보급초기에 적합한 모델로 평가받고 있다. 다만 이동식 수소충전소는 여러 부지를 이동함에 따른 다양한 사고 시나리오를 고려하여 안전성을 확보해야 할 필요가 있다. 본 연구에서는 이동식수소충전소의 충전부지 및 이동경로에서의 질야적 위험성평가(QRA) 결과를 제시함으로써, 수소충전소의 위험범위, 위험도, 주요위험인자 등 위험성을 판단하고, 안전성을 평가하고자 한다.

Acknowledgement : 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE) 및 한국에너지기술평가원(KETEP)의 2020년 산업기술혁신사업 지원으로 수행되었습니다.(No.20203040040010, 수소충전소 고장예지 및 안전관리 상용화 기술개발)

수소 혼입 시 도시가스 배관의 1차원 동적 열유동 해석

김지영, 이창열, 이정호, 심정연
에이블맥스(주)

Dynamic Thermal Fluid 1D Analysis in City Gas Pipelines Mixed with Hydrogen

Jiyoung Kim, Changryeol Lee, Jungho Lee, Jeongyeon Shim
ableMAX Co.,Ltd.

요 약

도시가스는 수요 변동에 따라 배관 내에서 비정상 유동으로 이동하게 된다. 배관 내 도시가스의 밀도 ρ 와 단면적 A 의 곱을 전구간에 걸쳐 시간 적분한 것을 라인팩(linepack)이라고 하며, 이는 수요가 크게 변동하더라도 안정적으로 도시가스를 공급해주는 중요한 역할을 한다. 비등은 조건에서 배관 내 도시가스의 비정상 유동은 온도, 압력, 유량뿐만 아니라 줄-뜸슨 효과, 압축기의 소요 동력, 라인팩 및 압력 손실 등의 영향이 혼재되어 있는 복잡한 현상이다. 따라서 수소 혼입 도시가스의 효율적인 운용을 위하여 도시가스의 비정상 유동 현상에 대한 동적 특성을 확인하고 시뮬레이션을 통해 예상 시나리오를 파악하는 것이 매우 중요하다.

본 연구에서는 도시가스 배관 내 혼입 수소의 유동에 대하여 열전달과 마찰을 고려하여 1차원 해석을 수행하고 이를 분석하였다. 1차원 압축성 유동 및 비정상 상태에서의 연속방정식, 운동량 및 에너지 방정식과 상태방정식을 적용하여 유동 해석을 수행하였으며 등온/비등온 조건에서의 이론적 계산 결과와 비교 분석하였다. 복잡한 도시가스 배관망에서 수소 혼입에 따른 동적 유동 특성을 파악하기 위한 기초연구로 1차원 열유체 해석 도구인 Thermal Desktop 프로그램을 사용하여 수치적 시뮬레이션을 수행하고 이론적 결과와 비교하여 해석 결과의 타당성을 검증하였다.

D발표장

D-1	· 주제: 일반발표. 수소 및 신재생가스/자원 · 일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~17:10
D-2	· 주제: 일반발표. 천연가스/정책 · 일시: 2022년 11월 18일(금), 09:00~12:00

글로벌 그린수소 생산비용 인하 요인 분석

남궁윤

한국가스공사 경제경영연구소

Analysis on Factors for Reduction of Green Hydrogen Production Cost

Yoon Namgoong

Research Institute of Economics & Management, Korea Gas Corporation

요 약

기후변화 대응을 위해 많은 국가들이 탈탄소화 전략을 추구함에 따라 향후 그린수소의 역할이 크게 증대될 것으로 예상되나 생산비용을 낮추는 것이 관건이다. 이에 그린수소 생산비용을 낮출 수 있는 비용 절감 요인에 대해 살펴보고자 하였다. 재생에너지 발전단가는 지속적으로 하락할 것으로 예상됨에 따라 특히 전해조 비용 절감 요인에 초점을 맞추어 분석하였다. 향후 수전해 시스템 비용은 전해조 제조업체들의 플랜트 규모 확대와 모듈 규모 확대, 학습효과, 기술개발 등으로 대폭 하락할 것으로 예상된다. 현재 우리나라는 수전해 기술 관련 연구개발 역사가 짧고 관련시장이 크지 않아 국산 수전해 설비 효율이 낮고 핵심 소재 기술도 부족한 실정이다. 수전해와 연료전지, 에너지 저장 기술은 상호 연관되어 있어 부가가치 창출효과가 클 것으로 기대되기 때문에 국산 수전해 설비 기술 경쟁력을 높이고 관련 시장을 확대하는 등 미래 유망 기술들에 대한 선제적 대응이 필요하다.

수소생산공정의 CO₂ 배출처 및 포집기술 적용 분석

우경택^{1,2}, 김봉규¹, 소영석¹, 백문석², 박승수², 정혜진²

¹한국가스공사 가스연구원 수소기술연구소

²한국가스공사 전략재무처 CCUS애자일

Analysis of CO₂ emission and capture technology application at hydrogen production process

**Kyung Taek Woo^{1,2}, Bonggyu Kim¹, Youngseok So¹, Munseok Baek²,
Seungsoo Park², Hyejin Jung²**

¹KOGAS Research Institute

²KOGAS CCUS Agile

요 약

기후변화에 따라 전 세계적으로 탄소중립이 가장 큰 이슈로 부상하고 있다. 파리 협약을 통해 각 국가별로 온실가스 감축량을 지정하고 달성을 촉구하고 있다. 우리나라는 2030년까지 2018년 총 배출량 대비 40% 감축을 목표로 설정하여 2030년까지 291백만 톤을 감축해야 한다. 배출되는 온실가스는 대부분 에너지생산 과정에서 발생하여 에너지 전환을 통해 궁극적으로 해결해야하지만 현재 상황에서는 비용과 효율측면에서 화석연료의 사용이 불가피하다. CCUS(Carbon Capture, Utilization and Sequestration)는 온실가스를 감축할 수 있는 현실적인 대안이 될 수 있고 에너지전환을 달성하기까지 가교역할을 담당할 수 있다. 또한, 수소는 분자 구조 상 탄소가 존재하지 않아 연소 후 온실가스를 배출하지 않는다. 이런 이유로 수소를 중심으로 에너지전환을 달성하고자 한다. ‘21년 9월 과학기술정보통신부에서 발표한 ‘탄소중립 핵심기술 개발방향 공고’에서는 10대 핵심기술에 대한 구체적인 방향을 제시하는데 수소와 CCUS 분야를 포함하고 있다. 수소는 크게 그린, 블루, 그레이수소로 나뉘는데 화석연료를 추출하여 CO₂를 배출하면 그레이 수소, CCUS기술을 적용하면 블루수소, 수전해를 통해 생산되면 그린수소라 한다. 현재 생산되는 수소의 96%는 화석연료로부터 생산되는 그레이 수소이고 수소 1kg당 약 10kg의 CO₂를 배출하여 CCUS의 적용이 필요하다. 한국가스공사는 액화용 거점, 수송용 거점, 복합형 거점기지를 건설하여 전국적으로 연간 59만 톤의 추출수소를 공급할 예정이다.

본 연구에서는 추출수소생산과정에서 발생하는 공정상의 CO₂의 배출처를 분석하고 각 지점 별 특성을 분석할 것이다. 또한, 해당 공정에서 발생하는 CO₂포집에 가장 이상적인 위치를 파악하고 조건을 분석하여 적합한 CO₂포집기술에 대해 논할 것이다.

바이오가스 이용 그린수소충전소 운전성능 평가

송형운, 김환, 위수빈, 김형래

고등기술연구원, 17180 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로 51번길 175-28

Evaluation of Operating Performance of Green Hydrogen Refueling Station using Biogas

Hyoungwoon Song, Hwan Kim, Su-been Wi, Hyeong-rae Kim

Institute for Advanced Engineering, 175-28, Goan-ro 51 beon-gil, Baegam-myeon, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17180, KOREA

요 약

지구온난화를 해결하기 위한 탄소중립은 매우 중요한 사회적 이슈이며, 이와 연계되어 화석에너지에서 탈피하여 수소에너지로 전환은 온실가스 저감에 매우 주요한 방안으로 검토되고 현장에 적용되고 있다. 이에 본 연구에서는 유기성폐기물의 혐기소화처리 과정에서 발생하는 재생에너지원인 바이오가스를 활용하여 그린수소를 생산하고 활용한 국내 최초 마더스테이션인 충주바이오그린수소충전소에 대한 운전성능 평가를 진행하고자 한다. 충주바이오그린수소충전소는 2022년 3월말 준공하여 상업운전 중으로 주요 설비를 크게 바이오가스정제설비, 수소생산설비, 수소충전설비(압축/충전)로 구분하여 설비 가동율과 고장 특성을 분석하여 운전성능을 평가하였다. 그 결과 수소충전소의 현 평균 가동율은 92.8%로 매우 안정적인 운전특성을 나타내고 있다.

Keywords: 바이오가스, 그린수소, 마더스테이션, 운전성능평가, 상업운전

사 사

“본 결과물은 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(421045-03)”

바이오가스 이용 수소생산 및 활용에 대한 경제성 분석

송형운, 홍기훈, 윤성필, 김예원

고등기술연구원, 17180 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로 51번길 175-28

Evaluation of Operating Performance of Green Hydrogen Refueling Station using Biogas

Hyoungwoon Song, Gi Hoon Hong, Sung-Pill Yun, Ye-Won Kim

Institute for Advanced Engineering, 175-28, Goan-ro 51 beon-gil, Baegam-myeon, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17180, KOREA

요약

지구온난화를 해결하기 위한 탄소중립은 매우 중요한 사회적 이슈이며, 이와 연계되어 에너지원으로서 탄화수소를 기반으로 한 탄소경제(carbon economy)를 대신해 수소를 기반으로 운영되는 수소경제(hydrogen economy)가 주요한 대안으로 제시되고 있다. 현재 국내에서 사용되는 수소는 화석연료에서 기반한 부생수소로 재생에너지를 이용하여 생산되는 그린수소의 상업이용은 전무한 상황이다. 이에 본 연구에서는 유기성폐기물의 처리과정에서 발생하는 바이오가스를 원료로 하여 기존 부생수소와 가격경쟁력을 확보하고 상업용으로 그린수소를 생산 및 공급하는 분산형 그린수소인프라를 확보한 충주바이오그린수소충전소에 대한 경제성 분석을 진행하고자 한다. 이때 경제성 분석은 수소충전소에 대한 시설비와 운영비를 기반하였으며, 생산된 수소를 활용한 수소차 운영으로 얻어지는 대기오염물질 배출저감, 온실가스 배출저감 등에 대한 사회·환경적 편익을 추정하였다.

Keywords: 바이오가스, 그린수소, 수소경제, 경제성분석, 편익분석

사사

“본 결과물은 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(421045-03)”

도시철도 현장 수소전기차용 수소충전소 설치 관련 기준 분석

백지호, 김정훈, 이경식
한국가스안전공사 가스안전연구원

An Analysis of Hydrogen Refueling Station for Hydrogen cars related to the Urban

Jihyo Baek, Jung Hoon Kim, Kyung-Sik Lee
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

전 세계적으로 기후위기 대응으로 지구 평균 온도 상승을 1.5 °C 이내로 억제하기 위한 파리협정을 채택하고(2015) 이에 따라 국가별로 국가 온실가스 감축목표인 NDC(Nationally Determined Contribution)을 마련하였다. 우리나라는 2030년까지 2018년 대비 온실가스 40 % 감축을 목표로 에너지전환, 친환경차 보급 확대 등을 추진하고 있다. 특히 수송 분야에서는 전기·수소차 등 저공해 차량의 보급과 친환경차로의 전환을 위한 제도개선 및 인프라가 확대되고 있다.

본 연구에서는 도시철도 연계 수소전기차용 수소 생산·충전 기술 개발 및 기술 기준 도출을 목표로 전동차가 감속·정지 시 발생하는 전력인 회생전력을 수소 생산에 필요한 전력 공급원으로 활용하여 효율적인 수소 생산과 온실가스 저감에 기여하고자 한다. 연구 수행을 위해 수소 생산·저장·충전 시스템의 도시철도 현장 설치에 대한 고압가스안전관리법, 철도안전법 및 건축법 등 기준 분석과 국내외 철도와 인접한 수소 충전소의 유사사례 조사 및 도시철도 현장 환경 특성에 대한 위험인자를 도출하여 도시철도 현장에 설치되는 수소전기차용 수소충전소의 안전성 검토 및 기준 개정안을 도출하고자 한다.

※ 본 연구 내용은 산업통상자원부 도시철도 회생전력 유희 에너지 활용 방안 기술 실증 사업 “도시철도 연계 수소전기차용 수소 생산 인프라 요소 기술 개발(과제 번호:RS-2022-00156525)”의 지원으로 진행됨.

수소 생산을 위한 바이오가스 하이브리드 플라즈마-촉매 개질에 대한 연구

김환, 위수빈, 황상연, 송형운
고등기술연구원

Preliminary Studies of Biogas Hybrid Plasma-Catalytic Reforming for Hydrogen Production

Hwan Kim, Subeen Wi, Sangyeon Hwang, Hyoungwoon Song
Institute for Advanced Engineering

요 약

최근 기후 변화에 대한 우려와 재생 가능 에너지원에 대한 강조로 인해 바이오 가스의 새로운 사용에 대한 관심이 높다. 바이오가스는 보일러 및 엔진의 난방 및 연료와 같은 저부가가치 응용 분야에서 자주 사용된다. 또한, 바이오가스를 개질을 통해 합성 가스로 전환가능하여 고부가가치 액체 연료 및 화학 물질을 얻는 데 사용할 수 있어 더욱 각광받고 있다. 바이오가스는 CH_4 (40~80%)와 CO_2 (60~20%)의 두 가지 주요 구성 요소로 구성된다. 바이오가스의 대표적인 개질 방법인 증기 개질(Steam Methane Reforming, SMR)은 흡열 반응이기 때문에 메탄의 실질적인 전환을 위해 고온(700~1000 °C)에서 작동해야 하며 높은 열원이 필수적이고, CO_2 전환율이 낮다는 단점이 있다. 본 연구에서는 바이오개질 효율을 높이기 위해 전처리 개념으로 플라즈마를 이용하여 탄화수소연료를 개질하여 플라즈마의 방전으로 인하여 생성된 열 및 CO_2 분해를 통해 열역학적으로 불리한 바이오가스 개질 반응의 효율을 높이는 연구를 진행하였다. 이를 위해 글라이딩 아크를 이용한 바이오가스의 플라즈마 개질 반응 특성을 전압 변화에 따라 특성평가하였으며, 촉매 개질 반응기를 구성하여 S/C 비, 공간속도, 가스 유량에 따른 개질 성능변화에 미치는 주요 인자를 도출하였다. 앞선 도출된 주요 인자를 이용하여 하이브리드 플라즈마-촉매 반응기를 구성하였으며, 하이브리드 개질특성평가를 통해 바이오가스 하이브리드 플라즈마-촉매 개질 반응을 최적화하였다.

Keywords: 바이오가스, 그린수소, 플라즈마, 촉매, 증기 개질

사사

“본 결과물은 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(421045-03)”

도시가스 배관 내 수소 혼입 기대효과와 해결과제

윤영기, 한원국, 유상원, 류영조, 곽채식
한국가스안전공사

A Study on Expected Effects and Solutions for Hydrogen Blending in City Gas Pipeline

Yeongki Yoon, Wonguk Han, Sangwon You, Youngjo Ryu, Chaesik Gwak
Korea Gas Safety Corporation

요 약

정부에서는 온실가스 감축을 위한 목표를 설정하여 이행을 추진하고 있다. 2030 국가 온실가스 감축목표와 2050 탄소중립 목표가 대표적으로, 달성을 위해서는 각 산업 부문별 온실가스 감축 대책이 필요하다.

해외에서는 온실가스 감축을 위해 연소 시 이산화탄소를 발생시키지 않는 수소를 천연가스에 혼입하는 방안이 진행되고 있다. 호주의 뉴사우스웨일스(NSW)주에서는 에너지법 개정을 통해 천연가스에 수소 10% 혼입을 허용·시행하고 있고, 영국은 수소 혼입 안전성을 검증하여 2023년 제도화를 목표로 하고 있으며, 독일·미국 등에서도 관련 연구와 실증이 활발히 진행되고 있다.

국내에서도 천연가스를 포함한 도시가스에 수소를 혼입하여 공급·사용하기 위한 계획이 수립되었다. 수소 혼입 시 도시가스 배관, 가스보일러 등의 연소기, 가스기기의 시험을 통해 기존 도시가스 시설·설비의 교체 없이 사용 가능한 적정 수소 혼입 비율을 도출하고, 실제 도시가스 배관 내 수소 혼입 실증을 통해 안전성과 호환성을 검증할 계획이다.

본 발표에서는 도시가스 배관에 수소 혼입 시 얻을 수 있는 기대효과 분석과 발생 가능한 문제의 해결방안 모색 결과를 공유하여, 안전하고 효과적인 수소 혼입을 위한 방향에 대해 고찰해보고자 한다.

수소충전소 실시간 모니터링을 통한 위험등급평가에 관한 연구

송유라, 김동환, 조총희
한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on the Risk Rating through Real-Time Monitoring of Hydrogen Station

Yura Song, Dong-Hwan Kim, Choong-Hee Joe
Korea Gas Safety Corporation Institute of Gas Safety R&D

요 약

정부는 수소경제활성화 로드맵(2019)을 통해 2040년까지 수소차 290만대를 보급하고 수소충전기 1200기를 구축할 예정이라고 밝혔으며 현재까지 193기의 수소충전소가 구축되었다. 이에 수소시설의 안전관리를 강화하고자 2021년 8월 26일부터 수소충전소 모니터링 시스템이 도입되었다. 하지만 주요 설비에 대한 위험상황이 모니터링 시스템에 감지되기 이전에 수소충전소의 상태를 미리 예측하고 설비를 점검하고 대비할 필요가 있다. 본 연구에서는 실시간으로 수소충전소로부터 받은 데이터를 통해 앞으로 일어날 수 있는 위험가능성을 파악하고 상태에 따른 적절한 대응을 하기 위한 위험등급 산출해내고 이를 통하여 신속한 조치 및 예지보건으로 수소충전소의 건정성 및 안전성 확보에 기여하고자 한다.

Acknowledgement : 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE) 및 한국에너지기술평가원(KETEP)의 2020년 산업기술혁신사업 지원으로 수행되었습니다.(No.20203040040010, 수소충전소 고장예지 및 안전관리 상용화 기술개발)

극한지 고점성 원유 생산성 증대를 위한 생산설계 개선 연구

조성학, 송차영, 강인구, †이정환
전남대학교 에너지자원공학과

A Study on Improvement of Production Design to Increase Productivity of Heavy Oil in Cold Region

Seonghak Cho, Chayoung Song, Ingu Kang, †Jeonghwan Lee
Dept. of Energy and Resources Engineering, Chonnam National University

요 약

유가가 상승하고 원유 생산기술이 발전함에 따라 접근이 어려웠던 극한지역에서 비전통 자원개발에 대한 관심이 높아지고 있다. 극한지의 영구동토층(permafrost)에는 전 세계 오일·가스 부존량의 약 22% 이상이 매장된 것으로 추정된다. 하지만 극한지에서 원유 생산 시 주변지층으로의 열손실이 발생하며 유동성이 저하되고 이로 인해 생산성이 낮아지는 문제가 있다. 이를 개선하기 위해 인공채유공법(artificial lift) 또는 생산관 단열(insulation)등의 기술을 적용한다. 본 연구에서는 Alaska North Slope 지역을 대상으로 Schulmberger社의 PIPESIM을 이용하여 고점성 원유 생산성 증대를 위한 생산설계 개선 연구를 진행하였다. 동토층의 두께, 생산튜브의 단열재 설치유무 및 종류, 인공채유법의 적용을 변수로 설정하였으며, 시물레이션 연구를 수행하여 상기의 변수가 원유 생산성에 미치는 영향을 분석하였다. 시물레이션 결과 동토층의 두께가 두꺼울수록 원유의 유동성은 악화되었으며, 단열재의 설치와 인공채유공법의 적용은 생산성을 개선할 수 있는 것으로 판단된다. 향후 ESP (electric submersible pump), 가스리프트(gas lift)등의 공법을 적용한 추가적인 연구를 수행하고자한다.

사 사

본 연구는 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 RS-2022-00143541).

† Corresponding Author(이정환), E-mail: jhwan@jnu.ac.kr

불균질 저류층을 대상으로 한 NWAG 공법의 민감도 분석

박혜리*, 고승모*, † 장호창**

강원대학교 에너지자원융합공학과, *강원대학교 에너지공학부

A study on sensitivity analysis of NWAG in heterogeneous reservoirs

Hyeri Park*, Seungmo Ko*, † Hochang Jang**

**Department of Energy and Resources Engineering, Kangwon National University*

***Division of Energy Engineering, Kangwon National University*

NWAG는 CO₂-WAG 적용시 주입수에 나노입자를 첨가하는 방법으로 습윤도 개선과 용해도 증가에 영향을 미쳐 오일회수증진과 CO₂ 저장에 유리한 공법이다. 기존 연구의 경우, 저류층 불균질성과 모세관 현상이 고려되지 않아 현실적인 저류층 조건을 반영하지 못하는 한계를 가진다. 특히, 대부분의 저류층은 자연 균열에 의해 서로 다른 투과도가 분포하기 때문에 정확한 거동 예측을 위해서는 불균질성을 고려하는 것은 필수적이다.

본 연구에서는 불균질성과 상대투과도의 이력현상이 반영된 저류층 모델을 구축하고, NWAG 공법의 영향인자별 민감도 분석을 수행하였다. 이를 위해 CMG사의 GEM을 사용하여 3-D 모델을 구축하였으며 저류층의 불균질성을 반영하기 위해 Dykstra parson coefficient를 0.6으로 선정하였다. 또한 WAG 적용시 저류층에서 발생하는 흡입, 배출 과정의 모세관 격리 현상을 구현하기 위해 Larsen과 Skauge의 3상 상대투과도 이력현상 모델을 적용하였다. NWAG 공법의 영향인자는 주입유체-가스 비율, 슬러그 사이즈, 주입주기, 주입주기, 나노유체 농도로 설계하였으며 민감도 분석 결과, 주입유체-가스 비율이 오일회수율과 CO₂ 저장량 변화에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 확인됐다. 산업에서 나오는 CO₂ 양은 한정되어 있으며 일정하게 공급된다고 가정했을 때, NWAG 공법은 오일회수증진과 CO₂ 저장 능력을 개선할 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No.2020R1F1A1048182)과 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원을 받아 수행된 연구입니다(2021060001, 데이터사이언스 기반 석유·가스 탐사 권소사업).

† Corresponding Author(장호창), E-mail: hcjang@kangwon.ac.kr

석탄가스화에서 발생하는 불순물이 포함된 이산화탄소의 지중저장 효율 평가

고승모*, 박혜리*, 이용석**, 양시준**, *장호창**
강원대학교 에너지자원융합공학과, *강원대학교 에너지공학부

Impact of CO₂ with impurities from coal gasification on geological storage capacity

Seungmo Ko*, Hyeri Park*, Yong Seok Lee**, Si Jun Yang**, *Hochang Jang**

*Department of Energy and Mineral Resources Engineering, Kangwon National University

**Division of Energy Engineering, Kangwon National University

요 약

정부가 2021년에 발표한 제1차 수소경제 이행 기본계획에 따르면 우리나라는 2025년부터 블루수소를 생산하기 시작해 2030년에 75만 톤, 2050년까지 200만 톤으로 확대할 예정이다. 블루수소는 천연가스를 개질하거나 석탄을 가스화하여 수소를 만들고 수반되는 이산화탄소를 CCS로 처리하는 것을 의미한다. 석탄가스화는 석탄을 불완전 연소하여 수소와 일산화탄소로 이루어진 합성가스를 생성하는 공정이다. 합성가스에 포함된 일산화탄소는 고온의 수증기와 수성가스전환반응(water gas shift, WGS)을 통해 수소와 이산화탄소로 변환시킬 수 있다. 앞선 공정에서 발생한 이산화탄소를 포집할 때 불순물이 포함될 수 있으며 저장량 평가시 이에 대한 고려가 필요하다.

본 연구에서는 석탄가스화 방식 중 하나인 석탄가스화복합화력발전(integrated gasification combined cycle, IGCC)에서 발생하는 불순물이 포함된 이산화탄소의 열역학적 물성을 도출하였다. 미국 에너지부에서 2002년에 발표한 Wabash River coal gasification repowering 프로젝트에 따르면 IGCC에서 발생하는 불순물의 종류와 함유량은 CH₄ 1.91~2.29%, N₂ 1.9%, Ar 0.6%, H₂S 83.36~107.2 ppm COS 111.80~162.13 ppm(축매A) 24.22~36.63 ppm(축매B)이다. 불순물이 이산화탄소 지중저장에 미치는 영향을 평가하기 위해 CMG사의 WINPROP을 이용해 각 성분의 함유량에 따른 이산화탄소의 부피, 질량, 확산계수의 변화를 분석하였으며, 다성분 물질 해석에 적합한 Soave-Redlich-Kwong(SRK) 상태방정식을 적용하였다. 이를 통해 불순물이 이산화탄소 지중저장 효율의 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 불순물에 따른 열역학적 물성변화는 추후 이산화탄소 저장량 평가 연구에 활용될 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(지자체-대학

협력기반 지역혁신사업/강원지역혁신플랫폼)과 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원을 받아 수행된 연구입니다(2021060001, 데이터사이언스 기반 석유·가스 탐사 컨소시엄).

† Corresponding Author(장호창), E-mail: hcjang@kangwon.ac.kr

물리검층 분석변수 처리를 통한 딥러닝 기반 투과도 예측모델 성능 개선 연구

김민수, 안유빈, 김도영, 김재윤, 권순일

동아대학교 환경에너지공학부 미래에너지공학전공

A Study on Performance Improvement of Deep Learning-based Permeability Prediction Model with the Feature Processing of Well Logging Data

Minsoo Kim, Yubin An, Doyoung Kim, Jaeyun Kim, Sunil Kwon

Department of Energy and Mineral Resources Engineering, Dong-A University

요 약

일반적으로 머신러닝 모델의 성능을 개선하는 방법으로 변수 선택, 파생변수 생성, 변수변환, 불균형 데이터 처리 등 분석변수 처리 기법이 널리 사용되어 왔다. 물리검층 자료를 활용한 딥러닝 기반 투과도 예측 모델의 변수 선택 방법은 물리검층 지식을 이용한 방법과 데이터 기반 방법으로 크게 나눌 수 있다. 물리검층 측정자료들은 저류층의 암상, 탄화수소 물성, 시추이수 특성, 지층수의 염도 등 다양한 현장 상황에 따라 정확도에 차이를 보이기 때문에 추가적인 분석을 통해 정확성이 높은 자료를 선택할 수 있다. 또한 본 연구에서 사용된 집중식 전기비저항 시스템은 Deep, Medium, Shallow로 다양한 조사심도를 가지며 혼입지대와 불교란지대의 전기비저항값을 정량적으로 결정하는데 사용되고 이를 이용한 파생변수 생성이 가능하다.

데이터 기반의 변수 선택의 대표적인 방법은 랜덤포레스트 기반의 변수중요도 분석이다. 변수중요도는 모델을 해석할 때 가장 기본적인 방법으로 어떤 요소가 출력변수 값에 더 큰 영향을 주는지를 판단하는 분석 방법으로 각 입력변수의 중요도를 측정하는 값을 계산한다. 랜덤포레스트 기반의 변수중요도 분석 방법은 앙상블 기법을 사용해 머신러닝 시 여러 개의 모델을 학습시키고 예측 결과들을 연결하여 더 나은 하나의 모델을 만드는 재표본 방법을 이용한다.

본 연구에서는 캐나다 Alberta 주 Charlie Lake 지층의 물리검층 자료에 대해 분석변수 처리 기법을 적용하여 딥러닝기반 투과도 예측 모델의 성능을 개선하는데 목적이 있다. 따라서 목표 지층의 물리검층 자료에 대한 변수 선택, 파생변수 생성을 수행하여 다양한 조합의 입력변수를 선정 한 후 딥러닝을 통해 투과도 예측 성능을 비교 분석하였다.

사사 : 이 논문은 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021060001, 데이터사이언스 기반 석유·가스 탐사 컨소시엄)

기계학습 기반 CO₂-EOR+ 시 생산정 전환을 통한 다목적 최적화

나윤수, 송영수, 전성준, 김규현, 김동현, 왕지훈*

한양대학교

Machine Learning Based Multi-Optimization by Reproposing Production Wells During CO₂-EOR+

Yoonsu Na, Youngsoo Song, Sungjun Jun, Kyuhyun Kim, Donghyun Kim, Jihoon Wang*

Hanyang University

CO₂-EOR+(Enhanced Oil Recovery)는 이산화탄소 최대 저장에 목적을 둔 석유회수 증진 기법으로 기존 CO₂-EOR(0.3 tCO₂/bbl)보다 높은 단위 원유 생산량 당 이산화탄소 저장량(0.9 tCO₂/bbl)을 가진다. 이 기법을 활용할 경우, 이산화탄소 저장과 석유증진 회수를 동시에 수행하는 것은 물론, 생산정을 주입정으로 전환하는 등 기존 시설을 재활용하여 경제성 확보가 가능하다. 본 연구에서는 기계학습 기반 다목적 최적화 기법을 활용, CO₂-EOR 수행 필드의 CO₂-EOR+ 전환 시의 최적 설계를 도출하고자 하였다. 본 연구의 대상 지역은 미국 텍사스 서부 Farnsworth Unit으로, 2010년부터 CO₂-EOR이 진행되어 2022년까지 약 4.8백만 bbl의 오일이 추가적으로 생산되었다. 해당 유전의 생산정을 주입정으로 전환하는 것을 가정하여, 2030년까지의 최적 설계 도출 모델을 개발하였다. 먼저, Latin Hypercube Sampling(LHS)와 페트렐(Petrel)을 이용하여 데이터셋을 구축한 후, Artificial Neural Network(ANN)을 활용하여 주입정 전환 후 운영기간을 변수로 한 프록시 모델을 생성하였다. 이후, Genetic Algorithm (GA)을 통해 최대 이산화탄소 저장량, 최대 석유 생산량 시나리오별 최적 설계를 도출하였다. 그 결과, 주입정 전환 없이 운영 시 약 8700만 톤의 이산화탄소를 추가적으로 주입할 수 있었고, 이때의 추가 오일 생산량은 약 3백만 bbl로 나타났다. 주입정을 전환할 경우, 6개의 생산정 그룹이 주입정으로 전환되는 것이 이산화탄소 저장과 오일 생산 증진에 효율적인 것으로 예측되었다. 이산화탄소 최대 저장량을 목표로 설계 시 주입정 전환을 하지 않는 경우 대비 약 30%의 저장량이 증가하였으며, 오일 최대 생산량을 목표로 설계 시 약 28%의 생산량이 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과는 효율적인 CO₂-EOR+ 수행을 위한 최적화 모델 도출 시 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

사사

본 연구는 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원(No.2021060002, 디지털오일필드)과 2022년도 정부(교육부, 산업통상자원부)의 재원으로 K-CCUS 추진단의 지원(KCCUS20220001, 온실가스감축 혁신인재양성사업)을 받아 수행된 연구입니다.

괴탄을 활용한 시뮬레이션 연계 CH₄ 확산계수 도출 및 생산모사 실험 연구

김동현, 오유빈, 이영수
전북대학교

A study for the deduction of CH₄ diffusion coefficient with simulation software and CBM production experiment using lump coal.

Donghyun Kim, Youbin Oh, Youngsoo Lee
Chonbuk National University, Department of Mineral Resources and Energy Engineering.

요 약

본 연구는 현장 조건을 적용한 CBM 생산 실험을 수행하기 위하여 3가지 혼합가스(CH₄ : CO₂ : N₂ : 95 : 2 : 3)와 물을 이용하였다. 일반적으로 확산계수를 측정하기 위해서는 직접측정법(Canister test)가 사용되나 시추 과정에서 수행되어야 하고, 사시간이 오래 소요되는 단점이 있다. 본 연구에서는 랑뮤어 등온선(Lanmguir Isotherm) 측정을 위한 간접측정법 실험 결과와 CMG사의 GEM을 이용하여 석탄 내 가스의 확산계수 및 가스 생산에 따른 석탄의 부피 변화를 측정하였다.

실험에 사용된 시료는 아역청탄 등급의 노두탄으로서, 각 변이 5 cm 크기인 정육면체 형태이며, 평균 클릿(Cleat) 간격이 2 mm이다. 석탄층이 부존된 지하 조건은 800 psi, 318.15 K 이다.

생산 모사 실험결과 물의 생산 경향은 초기 압력 800 psi부터 임계탈착압력인 300 psi까지 가압에 사용된 50 cc 중 약 39 cc가 생산되었으며, 가스의 경우 300 psi부터 0 psi까지 6단계에 걸쳐 총 785 cc가 생산되었다.

추가적으로 확산계수 도출을 위한 시뮬레이션을 수행하였다. 변수들의 민감도 분석 결과 공극률이 가장 민감한 변수로 작용하는 것을 확인하였으며, 괴탄의 탈착 실험 결과와 히스토리 매칭을 수행하여 3.2×10^{-10} cm²/s의 확산계수를 도출하였다.

결과적으로 본 연구를 통하여 CBM 생산 시 중요 인자인 확산계수를 시뮬레이션과 탈착 실험결과를 통하여 도출가능한 것을 확인하였으며, 효율적인 생산을 위하여 생산 가스량과 조성비에 따른 생산 계획의 수립이 필요함을 확인하였다.

사 사

본 논문은 대한민국 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2019R1I1A3A01060375: 탄산염암 유전의 나노유체주입을 통한 오일회수 증진기법 개발).

참고문헌

- [1] International Energy Agency, *Storing CO₂ through Enhanced Oil Recovery Combining EOR with CO₂ storage(EOR+) for profit*. OECD/IEA, Paris, (2015)
- [2] Junyu You, William Ampomah, Qian Sun, Eusebius Junior Kutsienyo, Robert Scott Balch, Zhenxue Dai, Martha Cather, Xiaoyin Zhang, *Machine learning based co-optimization of carbon dioxide sequestration and oil recovery in CO₂-EOR project*, *Journal of Cleaner Production*, (2020)

Analysis of Intake Plugging Effects on Electrical Submersible Pump (ESP) Operation Using Nodal Analysis.

Joseph Iranzi¹, Hanam Son^{1,*}, Jihoon Wang²
Pukyong National University1, Hanyang University2

Abstract

Electrical Submersible Pump is not efficient when handling solid-laden fluid. Therefore, the intake screen is customarily employed at the ESP intake to counter the solid entry into the pump. Unfortunately, the small opening intensifies pressure drop around the pump intake, accelerating the solid build-up leading to the ESP intake plugging. The intake plugging problem significantly depletes the ESP performance, reducing the oil production rate and sometimes leading to the production shutdown. This study presents the approach of evaluating and understanding ESP operational conditions during the intake plugging and how the abnormality is identified for effective monitoring. The rate derating factor approach was proposed to evaluate the intake plugging effects. Based on the new ESP operating speed calculated using the affinity law, nodal analysis was performed to reflect plugging effects. It was found that the maximum head derating was at the shut-in point, while the maximum rate derating was at the AOF (absolute open flow). The result shows that intake plugging reduces the ESP operating rate and increases both pump intake pressure and annulus liquid level. The results' finding agrees with the downhole data signature (field cases) observed during the intake plugging problem. The intake plugging impedes the intake fluid to the pump, changing the ESP operating point and causing unexpected underload trips, which can lead to an abrupt stop of the pump, production losses, and downhole ESP components damage. To overcome these effects, the following ESP well-monitoring aspect can be taken: utilizing the VSD (variable speed drive) to adjust ESP speed at the variable operating rate, adding annulus liquid level signature to downhole data to unveil the ESP abnormality, and deadhead test to make sure that intake plugging is the problem to plan for acid washing.

This work was supported by the “Development of Intelligent Diagnosis, Abandonment Process and Management Technology for Decrepit Oil and Gas Wells” of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) granted financial resource from the Ministry of Trade, Industry & Energy, Republic of Korea (No. 20216110100010).

해외 CCS 법령의 기술적 해석을 통한 국내 CCS 규정 제안 및 현장 적용

김동현, 송영수, 전성준, 김규현*, 나윤수, 왕지훈*
한양대학교

Proposal of the CCS regulations in Korea and its field applications based on the regulations of Australia, Canada and Norway

Donghyun Kim, Youngsoo Song, Sungjun Jun, Kyuhyun Kim, Yoonsu Na, Jihoon Wang*

Hanyang University

요 약

우리나라의 연간 이산화탄소 배출량은 세계 8위로, 2030년까지 온실가스 배출량을 40% 감축하는 NDC(Nationally Determined Contribution)와 2050년까지 이산화탄소 순 배출량을 0으로 하는 탄소중립을 목표로 하고 있다. 이를 위해 고갈 동해 가스전으로의 이산화탄소 주입 설계, 서해 군산 분지의 신규 지중저장소 탐사 등 대규모 CCS(Carbon Capture and Storage; 탄소 포집 및 지중 저장) 현장 적용을 위한 연구가 활발히 수행되고 있지만, 이를 뒷받침할 관련 법제화는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 국내 적용에 적합한 CCS 단일법을 보유한 호주, 노르웨이 및 체계적인 구조를 가진 캐나다 알버타 주 법령을 조사하고 기술적 분석을 수행하였다. 이를 토대로 CCS 수행 시 필요한 한국형 CCS 규정을 제안하고 고갈 동해 가스전과 서해 군산 분지를 대상으로 적용해 보았다.

먼저, 해외 3개국의 법령은 수송, 탐사, 주입, 운영, 종료 단계로 구성되어 있으며 그 중에서도 탐사, 주입, 운영 단계의 중요성이 두드러진다. CCS 수행자는 탐사 단계에서 계약(Tenure Agreement)을 통해 심부 공극 공간에 대한 사용 권리를 얻게 된다. 주입 단계에서는 저류층 환경 및 원시 유체 조성을 고려한 평가를 통해 해당 지층으로의 시추 및 유체 주입권이 부여된다. 운영 단계에서는 저장안전성을 토대로 MMV(Monitoring, Measurement, and Verification) 계획, 종료계획 등을 허가받게 된다. 해외 3개국의 CCS 법령의 국내 적용 시, 고갈 동해 가스전의 경우 주입, 운영 단계의 법령 적용이 필요할 것이며 특히 주입 종료 후 모니터링의 기간, 주체 등이 주입 이전에 규정되어야 할 것으로 판단된다. 반면, 서해 군산 분지의 경우 탐사부터 종료까지의 전주기 법령 적용이 필요할 것이며 특히 유체 조성에 적합한 설계, 이산화탄소 공급 안정성 등이 사전에 고려되어야 할 것으로 판단된다. 본 연구의 결과는 국내 CCS 법제화 및 현장 적용 시 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

사사

본 연구는 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원

(No.2021060002, 디지털오일필드)과 2022년도 정부(교육부, 산업통상자원부)의 재원으로 K-CCUS 추진단의 지원(KCCUS20220001, 온실가스감축 혁신인재양성사업)을 받아 수행된 연구입니다.

참고문헌

- [1] Carbon Sequestration Tenure Regulation
- [2] Offshore Petroleum and Greenhouse Gas Storage Act

Synergi Gas를 활용한 광주지역 도시가스 배관망의 수소 혼입에 따른 압력손실 변화 고찰

이종수, 정기선*, 이주호*, 김갑열*, 유선일**
이노비아솔루션(주), *(주)해양에너지, **DNV

Analytical study on pressure loss change due to hydrogen mixing in city gas pipeline network in Gwangju using Synergi Gas

Lee Jong Su, Chung Gi Sun*, Lee Ju Ho*, Kim Kab Lyoul*, Yoo Sun Il**
INNO-BI Solution, *Haeyang Energy, **DNV

요 약

전 세계적으로 온실가스배출 감축이 화두가 되고 있고 국내에서도 이와 발맞추어 정부의 탄소중립목표에 대응하고자 도시가스업계에서도 기존 도시가스배관망에 2026년까지 20% 수소 혼입을 목표로 하고 있다. 이와 같은 구체적인 목표 달성을 위한 사전 검토로 해양에너지, DNV와 공동연구를 진행하여 수소 혼입률 변화에 따른 도시 가스 배관망에서의 압력손실변화를 고찰하였다.

본 논문에서는 가스배관망 해석 소프트웨어인 DNV의 Synergi Gas를 활용하여 광주지역 도시가스 배관망에 수소 혼입률을 5%, 10%, 15%, 20%까지 증가시키면서 관말 압력 변화를 관찰하였다.

본 논문의 Simulation Model에서는 일반 가정용 도시가스 장비의 변경 없이 천연가스 배관망에 수소를 혼입할 수 있는 수소 혼입률 범위를 최대 20%로 가정하였으며 수요 지점에서 Simulation 기준을 체적 유량과 열량 유량으로 고정하여 각각의 결과를 평가하였다. 일정한 체적 유량을 공급하는 조건에서 수소 혼입률이 증가함에 따라 배관망에서 발생하는 압력 손실이 감소하는 결과를 확인하였다. 일정한 열량 유량을 공급하는 조건에서는 수소 혼입률이 증가함에 따라 열량 유량을 유지하기 위해 체적 유량이 증가하여 배관망에서 발생하는 압력 손실이 증가하는 결과를 확인하였다. 각 지역별로 확인되는 압력 변화율은 관경, 수요량 등의 이유로 상이한 결과가 확인되기 때문에 수소 혼입에 따른 압력 평가는 지역별로 이뤄져야 될 것으로 판단된다.

Synergi Gas를 활용한 고압 천연가스 배관의 수소혼입에 따른 배관 압력손실에 대한 해석적 연구

주경민, 임노현, 이종수, 유선일*
이노비아솔루션(주), *DNV

Analytical study on pipe pressure drop due to NG-Hydrogen blending in high pressure natural gas pipeline using Synergi Gas

Ju Kyung Min 1, Lim No Hyun 2*, Lee Jong Su 3**, Yoo Sun Il 4***
INNO-BI Solution, *DNV

요 약

본 논문에서는 고압가스배관의 수소 혼입에 따른 압력손실 영향을 배관망 해석 소프트웨어인 DNV사의 Synergi Gas를 활용하여 하였다. 수소 혼입에 따른 천연가스 고압배관의 압력손실 특성을 비교하기 위하여 상대방정식을 사용하여 기존 천연가스와 수소혼입 천연가스를 대상으로 혼입율을 5%, 10%, 15%, 20%까지 증가시키면서 배관의 압력손실 특성을 관찰하였다.

결론적으로 동일한 조건의 배관(30인치)을 통하여 유량을 공급할 때 압력손실은 수소를 혼입할 경우 감소하는 경향을 확인하였다. 하지만 수소가 혼입될 경우, 열량 측면에서 볼 때는 기존 천연가스만을 공급할 때와 비교하여 열량이 감소하게 된다. 이와 같이 감소된 열량을 동일하게 공급하기 위해서는 수소혼입율이 5%, 10%, 15%, 20%일 때 3.7%, 7.6%, 11.9%, 16.5% 정도 공급 유량의 증가가 불가피하고 이를 감안하면 수소 혼입을 위해서는 배관의 압력손실은 기존 압력손실 대비 8.9%, 19.1%, 30.7%, 43%정도 각각 상승하는 것으로 예측되었다.

Synergi Gas를 활용한 광주지역 도시가스 배관망의 공급지점별 수소 혼입률 차이에 따른 지역별 수소 혼입률 변화에 대한 해석적 연구

임노현, 정기선*, 윤영우*, 유선일**
(주)이노비아솔루션, *(주)해양에너지, **DNV

Analytical study on the change in hydrogen mixing rate by region according to the difference in hydrogen mixing rate by supply point of the city gas pipeline network in Gwangju using Synergi Gas

Lim No Hyun, Chung Gi Sun*, Yoon Young Woo*, Yoo Sun II**
*INNO-BI Solution, *Haeyang Energy, **DNV*

요 약

현재 전 세계적으로 온실가스 배출량 감축이 화두가 되고 있는 상황에서 국내 도시가스업계도 이와 발맞추어 정부의 탄소중립 목표에 대응하고자 기존 도시가스 배관망을 활용하여 2026년까지 도시가스 배관망에 수소를 20% 혼입하는 것을 목표로 다양한 방안들을 검토하고 실증사업을 진행하고 있다. 여러 가지 검토 방안 중 하나인 도시가스 지구정압시설에서 수소를 혼입하는 방법은 도시가스 배관망에 수소 혼입 비율을 일정하게 유지하는 기술이 핵심으로 이는 도시가스의 수요 변동으로 인해 항상 일정한 비율로 수소를 혼입하는 기술은 현실적으로 많은 어려움이 있을 것으로 예상된다.

그렇기 때문에 이와 같은 구체적인 목표 달성을 위한 사전 검토로서 해양에너지사와 DNV사와의 공동연구를 진행하여 광주지역의 3개 지구정압시설(장등, 평동, 하남)에서 각기 다른 수소 혼입률(3%, 4%, 5%)로 도시가스가 공급되는 시나리오와 동일한 수소혼입률 3%로 공급하는 시나리오를 검토하여 도시가스 배관망에서의 지역별 수소 혼입률 차이로 인해서 발생할 수 있는 영향들을 해석하였다.

본 논문에서는 DNV사의 가스 배관망 해석 소프트웨어인 Synergi Gas를 활용하여 해양에너지사의 실제 배관망 해석 모델에 대해서 수소 혼입 시스템을 추가하여 수소 혼입에 따른 가스 배관망의 영향들을 검토하였다.

결론적으로 본 해석을 통해서 공급지점별 수소 혼입률의 변화에도 공급권역은 동일하게 나타났으며 수요처에서는 공급지점의 수소 혼입률 변화에 따른 열량 변화가 반영되어 배관망 내의 지역별로 가스 열량 변화가 약 1% 정도 발생하였다.

액화공기 에너지 저장 시스템의 소비 전력 절감을 위한 액화천연가스 냉열활용에 대한 연구

윤문규, 이춘식, 염충섭
고등기술연구원

A Study on the Utilization of the LNG Cold Heat for the Reduction of the Power Consumption in liquid Air Energy Storage system

Munkyu Yoon, Chunsik Lee, Choongsub Yeom
Institute for Advanced Engineering

요 약

전 세계적인 관심사인 탄소중립에 대한 문제로 특히 온실가스 감축을 위한 노력들에 대한 관심이 높아지고 관련 연구도 활발히 이루어지고 있다. 그 중 재생에너지의 발전 비율확대를 통해 온실가스 감축 노력을 추진하고 있다. 하지만 재생에너지는 간헐성이라는 특수성으로 인하여 전력수급에 불일치가 발생하여 전력계통 안정도가 저하되는 문제점을 가지고 있다. 액화공기 에너지 저장은 재생에너지의 전력수급 불안정성을 해소할 수 있는 신뢰성과 운전 유연성을 확보하기 용이한 기술로 최근 재생에너지의 공급증가에 따라 더욱 관심이 높아지고 있다. 본 연구는 공기액화에너지 저장시스템의 공기압축 공정에서 발생하는 열을 액화천연가스(LNG)의 냉열을 이용하여 냉각시킴으로써 시스템 전체 공정의 소요되는 총 소비전력에 대한 연구를 수행하였다.

후 기

본 연구는 국토교통부 공기액화 기반 에너지 저장 및 활용 시스템 기술개발 (RS-2022-00143652) 연구결과로 수행되었습니다.

중장기 천연가스 수요전망모형

이성로

한국가스공사 경제경영연구소

A Long-term Forecasting Model for Natural Gas Demand

Sungro Lee

Research Institute of Economics and Management in Korea Gas Corporation

요 약

본 연구는 국내 중장기 천연가스 수요의 장기 예측모형을 제시한다. 구체적으로 도시가스용과 발전용 수요로 구분하여 별도의 장기 수요예측모형을 구축하였다. 도시가스용 수요예측모형은 상향식 모형을 근간으로 설계하였다. 가정용, 일반용, 산업용 수요에 대해서 원단위를 이용한 모형을 제시하였다. 가정용 모형은 가구당 도시가스 소비량을 원단위로 설정하였고, 원단위에 가구수 전망치를 곱해서 최종 가정용 수요를 예측한다. 일반용과 산업용 수요는 부가가치 기준의 원단위를 설정하고 타 연료와 경쟁관계를 고려하여 모형을 설계했다. 원단위 전망은 로지스틱모형과 넬슨-시겔 모형을 이용하였다.

발전용 수요는 첨두발전을 담당하는 천연가스 수요의 특징을 고려하여, 총발전량과 기저발전량을 고려하여 전망치를 산출하였다. 기본적으로 총발전량을 비롯하여 재생에너지 발전량은 주어진 것으로 가정하고, 기저발전량 예측을 통해 천연가스 발전량을 예측한다. 열병합용 천연가스 수요는 기저발전과 관계없이 개별 발전기 이용을 근간으로 발전량을 예측하였다. 최종 산출된 예측치는 14차 수급계획 전망치를 비롯한 타 연구의 전망치와 비교하여 적절성을 평가하였다.

대기식 LNG 기화기의 열 유동 방법론 연구

이성우, 최성웅

국립경상대학교

요 약

대부분 에너지자원을 수입하고 있는 우리나라의 상황에서 석탄과 유류와 같은 에너지자원의 경우 연소 시 아황산가스과 같은 공해 물질을 발생시켜 환경에 문제가 있고 원자력 에너지 같은 경우 안전성의 문제가 제기되고 있다. 반면 천연가스의 경우 무공해 에너지자원으로 쾌적한 도시환경을 조성할 수 있고 공기보다 가벼워 사용할 때 누출되어도 대기 중에 쉽게 확산하기 때문에 화재 등의 위험성이 매우 적다. LNG는 액화 천연가스의 약자로서 천연가스를 정제해서 얻은 메탄 성분의 가스를 액화시킨 것을 말하는데 LNG는 운송효율을 높이기 위해 약 -162도의 액체 상태로 수입하기 때문에 수요자에게 공급하기 위해서는 기체 상태로 기화시켜야 하고 이를 위한 주요 장비 중 하나로 기화기를 들 수 있다. 대표적으로 사용되는 기화기는 연소식 기화기, 해수식 기화기, 대기식 기화기가 있다. 그중 AAV는 주변 공기를 열매체로 활용하는 기화기의 하나로써 대기 중의 공기를 직접 열 교환하여 친환경적이며 운영비가 저렴하다. 그러나 장시간 사용 시 운무와 결빙 현상으로 서리가 생겨 열교환기의 성능이 저하되는 단점이 있다. 본 논문에서는 극저온 LNG를 활용하는 설비에서 사용되는 대기식 LNG 기화기에 대한 서리 생성 메커니즘을 분석하고 이것을 활용하여 기화기에서의 열 유동 방법론과 열전달 효율 등을 높일 방안을 고찰하였다. 이를 위해 LNG 물성을 분류하였고 이를 바탕으로 적용하여 AAV 운전에서 중요한 변수인 대기 습도, 온도, 풍속 기화기 성능의 영향성 평가를 수치해석을 통해 수행하였다. 서리 생성 메커니즘 분석을 통해 기화기 서리 생성 모델을 개발하였고 성애로 생기는 잠열 등을 고려하여 기화기 성능을 높이고 활용하는 방안에 대해 모색하였다.

LNG 펌프용 극저온 구름베어링의 기술 개발 동향 및 산업 발전 방향

이용복, 이영도*, 곽원일*, 이진국

*한국과학기술연구원 청정신기술연구본부, 연합대학대학원 에너지융합

Technology development trend and industrial development direction of cryogenic rolling bearings for LNG Pumps

† Yongbok Lee

**Dept. of Energy and Environment Engineering, University of Science and Technology*

***Dept. of New Clean Energy Technology Research Center, Korea Institute of Science and Technology*

요약

일반적으로 LNG 펌프에 적용되는 극저온 베어링은 극저온 상태와 잠액식 윤활 조건에서 베어링의 고성능 및 저마찰·수명이 보장 되어야 한다. 축은 볼 베어링에 의해 지지되고 이때, 볼 베어링은 -162°C의 LNG 유체가 흐르는 환경에서 구동 된다. 고압의 LNG가 흐르는 펌프의 안정적인 구동을 보장하기 위해서는 축을 지지하는 볼 베어링의 구동 안정성과 신뢰성이 중요하다. 극저온 펌프용 볼 베어링은 상용 베어링과는 달리 오일 및 그리스 등의 액체 윤활을 사용할 수 없으며, 때로는 유체자체가 윤활 역할을 하지만 점도 (viscosity)와 밀도 (density)가 낮아 볼 베어링의 케이지 소재의 마찰 특성을 활용한 자가 윤활 (self-lubrication) 베어링을 설계하여 사용하는 등 특수 윤활 방법을 적용해야 한다. 따라서 급격한 온도 변화에 따른 내부 틈새의 변화 및 케이지 수축 현상이 발생하며 이로 인하여 베어링의 특성 변화를 최소화하기 위한 내외륜의 소재 선정 및 가공기술(열처리 포함)등이 필수적이다.

본 연구에서는 조선 해양의 LNG펌프의 구름 베어링 및 육상용 고압 LNG 펌프용 구름 베어링을 대상으로 “극저온 펌프 구름 베어링의 기술 개발 현황 및 산업 발전 방향”에 대하여 다루고자 한다.

LNG 펌프 베어링의 마찰토크 측정을 통한 결함 진단 방법과 실험적 연구

이영도* · 곽원일 · 이진국 · 이용복

과학기술연합대학원대학교 에너지환경융합학과,

*한국과학기술연구원 청정신기술연구본부

Experimental Research for Fault Detection by Measuring Friction Torque of Bearing used for LNG Pump

Yeongdo Lee* · Wonil Kwak · Jeonkook Lee · Yongbok Lee

Dept. of Energy and Environment Engineering, University of Science and Technology

**Dept. of New Clean Energy Technology Research Center, Korea Institute of Science and
Technology*

요약

LNG 펌프 시스템의 축은 볼 베어링에 의해 지지된다. 이때, 볼 베어링은 -162°C 의 LNG 유체가 흐르는 환경에서 구동 된다. 고압의 LNG가 흐르는 펌프의 안정적인 구동을 보장하기 위해서는 축을 지지하는 볼 베어링의 구동 안정성과 신뢰성이 중요하다. 따라서, 볼 베어링의 하중 지지력 평가와 내구수명평가 등을 통한 성능 및 신뢰성 검증이 요구된다. 본 연구에서는 극저온 볼 베어링의 피로수명시험을 진행하기 위한 결함 진단 방법을 다룬다. 결함 진단 방법으로는 온도 모니터링, 음향측정, 마모입자모니터링, 진동 측정 등 다양한 방법들이 존재하지만 본 연구에서는 볼 베어링의 외륜에 작용하는 마찰 토크를 측정을 통한 결함 진단 방법을 제시한다.

마찰토크는 볼 베어링의 트라이볼로지적 특성 및 성능과 직결되는 파라미터이다. LNG 펌프용 볼베어링은 극저온 유체 환경으로 고체윤활소재의 케이지를 사용해 윤활을 하며 낮은 점성을 갖는 LNG 유체의 특성상 볼과 궤도의 접촉은 경계윤활조건에서 이루어지며 일반적인 표준 베어링 대비 열악한 윤활 조건을 갖는다. 극저온 볼 베어링은 이러한 특성을 갖고 있기 때문에 마찰토크를 이용한 결함진단방법은 결함에 더욱 민감하고 효과적으로 보인다.

본 연구에서는 상용 LNG 펌프용 볼 베어링을 결함이 발생하기까지 시험을 진행하였다. 베어링의 수명을 가속하기 위해 LNG 펌프의 구동조건을 보다 가혹한 하중 조건을 주었고 일정한 질량 유량의 액체질소 유동환경에서 실험을 진행하였다. 볼베어링의 마찰토크를 측정하고 모니터링하여 볼베어링의 결함발생을 진단하였다. 또한 결함진단의 신뢰성을 높이고자 베어링의 외륜온도, 음향신호, 시험장치 구동모터의 전류를 동시에 측정하고 분석하였으며, 최종적으로 마찰토크를 변수로 파라미터와 결함진단기준을 제시한다.

LNG터미널 플랜트에서 사고빈도 분석에 관한 연구

이근원, 방부형*, 박소민, 안광재, 민미미

아주대학교 환경안전공학과, *경기과학기술대학교 건축소방안전학과

A Study on the Accident Frequency Analysis in LNG Terminal Plant

Keunwon Lee, Boo-Hyoung Bang*, Somin Park, Gwangjae Ahn, and Mimi Min

Department of Environmental and Safety Engineering, Ajou University,

**Department of Architecture and Fire Safety, Gyeonggi Univ. of Science and Technology*

요 약

우리나라는 해외 천연가스 산지의 LNG를 액화하여 LNG선박으로 도입하여 LNG공장에서 기화시킨 후에 파이프를 통해 산업용, 발전용 그리고 가정용으로 공급하고 있다. LNG 선박이 해안 터미널에 접안한 후 운반선으로부터 육상 저장탱크로 저운의 LNG가 이송된 이후 필요에 따라 LNG 플랜트에서 증발 가스 재액화, 가압 수송, 기화 공정 등을 거쳐 외부로 송출된다. 이러한 LNG 플랜트는 가연성물질을 고압/극저온 상태로 운전 취급함으로써 누출시 화재 폭발 위험이 크다.

본 연구에서는 LNG 터미널을 파일럿 플랜트로 선정하여 LNG 저장, 기화 송출공정 등을 5개의 격리 가능한 섹션으로 구분하고 공정조건에 따라 사고 시나리오를 구성하였다. ETA를 활용한 사고빈도를 계산하기 위한 총 시나리오의 수는 격리가능 섹션 수, 누출 홀 크기, 종류의 수, 사고시나리오 선정 지침에 따라 2개(대안, 최악) 그리고 사고 종류(가스확산, 화재, 폭발)의 수를 곱한 만큼의 수와 같다. 사고 시나리오가 선정된 후에는 부품의 구성에 따라 사전에 조사된 통계로부터 확률론적 사고 발생빈도를 즉시 점화 확률, 감지기 여부 등을 고려하여 전개함으로써 계산 가능하다. LNG 터미널에 대한 분석결과 동일한 누출홀 크기에서 최악의 사고시나리오와 대안의 사고시나리오 사고빈도 계산 결과가 동일하게 추정되었으며, 이는 동일한 공정조건과 누출율의 환경조건에 기인하기 때문이다. 하지만 사고빈도는 같으나 서로 다른 결과를 갖는 시나리오들은 하중-빈도분석에서 독립적인 사고시나리오로써 활용할 수 있다. 다양한 시나리오들로부터 신뢰성 있는 위험성평가 결과를 얻기 위해서 다양한 환경조건을 분석하는 것이 바람직하다. 여러 시나리오에 따른 서로 다른 빈도를 고려하는 것은 하중-빈도 곡선(Exceedance curve)을 그려 화재폭발 방호 설계 참고 하중(DIAL, Dimensioning Accidental Loads)를 결정할 때 활용될 수 있다.

* 본 연구는 2022년도 산업통상자원부/한국산업기술진흥원의 산업혁신인재성장사업(과제번호 P0012787)과 국토교통부/국토교통과학기술진흥원(과제번호 22RMPP-C163162- 02)의 지원으로 수행되었음.

* Corresponding coauthor : leekw0@ajou.ac.kr, bhbang@gtec.ac.kr

LNG CCS의 단열소재의 특성에 따른 슬로싱 충격 압력 변화

임기호, 이영범, 김영균, 장범선*, 주한백*, 권창섭**
한국가스공사 가스연구원, *서울대학교 조선해양공학과
**선박해양플랜트연구소(前삼성중공업)

The Experiment for Effects of Insulation Materials on the Sloshing Impact

K.H.YIM, Y.B.LEE, Y.K.KIM , B.S.JANG, H.B.Ju , C.S. Kwon
KOGAS RESEARCH INSTITUT, SEOUL NATIONAL UNIVERSITY,
KOREA RESEARCH INSTITUTE of SHIP & OCEAN ENGINEERING

요 약

LNG 화물창은 LNG를 운송하는 선박의 핵심 기자재로 극저온의 LNG의 열 손실을 억제하고, 수송 중 내부의 LNG를 안전하게 보관하는 역할을 한다. LNG화물창 내부는 운항 중 선박의 6자유도 운동에 의해 LNG가 움직이면서 충격이 발생한다. 이러한 현상을 슬로싱이라 하고, 슬로싱에 의해 발생하는 화물창 표면의 충격 압력은 축소 모형 탱크를 만들어 내부에 물을 넣고 선박의 운동과 같은 움직임을 재현하여 내부에 부착된 압력 센서로 측정한다. 이후, Froude 상사 법칙 및 통계적 기법을 이용한 후처리 과정을 통해 그 크기와 위치를 추정하고 있다.

현재까지의 슬로싱 모형 실험은 실제와 달리 LNG 화물창의 단열 패널과 내부 유체 간의 유체-구조 연성의 효과를 반영하지 못하여 왔다. 다시 말해, 슬로싱 실험에서 사용하는 축소 모형 탱크는 Cargo Tank를 마치 Rigid wall과 같은 형태로 가정하여 실험을 수행하였다. 이러한 조건에서는 화물창의 Insulation에 의한 완충효과를 고려할 수 없다. 기존 연구에서 Insulation에 대한 완충 효과를 일부 실험을 통해 보여준 바는 있으나, 이러한 실험들은 축소모형 탱크 방식이 아닌 별도의 실험장비를 활용하여 단열 패널의 완충효과를 측정하였고, 슬로싱 모형 실험결과에 사용하기 위해 두 실험 간 연관성을 별도로 밝혀야 하는 숙제가 존재한다. 뿐만아니라, Insulation 재질이나 두께가 다른 경우에 대한 비교 연구는 찾기 어렵다.

본 연구에서는 단열 패널의 완충효과를 측정하기 위해 별도의 실험 장치를 구성하지 않고, 축소 모형 탱크에 화물창의 단열 패널 효과를 갖는 소재를 부착해 불규칙 파 조건에서 슬로싱 모형 실험을 수행하였다.

실험 결과, 단열 패널의 완충효과를 확인하였고, 단열 패널의 소재에 따라 완충 효과가 달라지는 것을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부/한국산업기술평가관리원 ‘시장경쟁력 확보를 위한 BOR 0.07% 이하의 LNG 선박용 화물창 개발 (20012875)’ 과제의 지원을 받아 작성되었습니다.

난방용 에너지의 탄소중립 방안

송형상
한국가스공사

The Measurement of Net Zero in Heating Energy

Hyungsang Song
KOGAS

요 약

본 연구는 난방용 에너지의 탄소중립을 달성하기 위한 대안들은 무엇이며, 각 대안별 특성 및 한계점을 살펴보았다. 미래 난방 에너지원 중 그린전기는 탄소가 배출되지 않지만, 송배전 확충 등의 어려움은 논의하더라도 히트펌프 설치 및 유지보수의 비용과 경우에 따라서 매설공간이 별도로 필요하다는 단점이 있다. 반면, 제로탄소가스는 기존의 천연가스 배관을 활용할 수 있다는 점에서 비용절감효과가 뛰어나지만, 생산관련 기술 확보와 대량생산의 어려움 등을 단점으로 들 수 있다. 미래 난방용 에너지원은 각각의 장단점을 가지고 있으며, 향후 관련 기술 진보에 따라서 행방이 갈릴 것으로 예상되나, 우리나라와 같이 우수한 천연가스 인프라를 보유하고 있는 경우에는 전기와 더불어 제로카본가스를 적극적으로 활용하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

10차 전력수급기본계획에 내재된 장기 불확실성과 LNG의 영향

김낙균

한국가스공사 경제경영연구소 ESG경영연구팀

Long-term Uncertainty in 10th Basic Plant of Electricity Demand and Supply, and Its Impact to LNG Demand and Supply

Nak-Gyun Kim

ESG Research Team, Research Institute of Economics and Management, KOGAS

요 약

세계적인 에너지불안 시대를 맞이하여, 생활과 산업의 필수재인 에너지를 최대한 저렴하고 안정적으로 공급하기 위한 노력의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않는다. 이 중에서도 우리나라에 천연가스가 수입되는 경로인 LNG는 장기간에 걸쳐 거액의 투자가 소요되는 가스전 개발과 액화플랜트 사업을 수반하므로, 공급자와 수요자의 행동이 장기수급전망에 기초할 수밖에 없다. 이와 같이 장기지향적 산업에서 수요자에게 가장 중요한 것은 장기수요 전망의 정확성과 현실성이다.

한편 발전용 LNG 연료수요는 도시가스와 더불어 우리나라 천연가스 수요를 양분하는 중요한 부문이다. (※2021년의 경우 국가 총 수요 4,573만 1,671톤 중 발전용 2,373만 4,172톤으로 51.9% 차지) 발전용 수요는 당연히 발전량에 기반하므로, LNG 발전량을 적절히 계획하는 것은 국가 에너지계획의 매우 중요한 축이라 할 수 있다. 그런데 우리나라의 전력수급기본계획은 고질적으로 LNG의 발전량을 과소 계획하여 왔으며, 그 결과 발전용 가스수요의 과소 계획을 강제하여 왔다. 그 결과 국제 LNG 시장이 구매자시장으로 전환되더라도 저가 장기계약을 선제적으로 확보하지 못하는 결과를 초래하면서 LNG의 저가도입 기회를 매년 놓치게 되었다.

본 연구에서는 이러한 문제의식에 기초하여, 현재 초안이 발표된 상태인 10차 전력수급기본계획(“전기본”)에 내재된 LNG수급에 미칠 불확실성을 상세히 분석한다. 10차 전기본 그 자체는 대체로 과거와 유사한 패턴에 불과하지만, 7년 후부터 본격화할 원자력의 사용후핵연료 저장·폐기 문제가 얽히면서, 역대 어느 전기본보다도 장기 불확실성이 크며, 이는 고스란히 LNG 수급에 큰 부담으로 작용할 전망이다. 구체적으로는 2029년부터 약 13GW 가량의 원전이 가동지속 여부를 장담할 수 없는데, 이는 LNG로 환산하면 13백만톤에 해당하는 물량이다. 이와 같은 가동지속여부 불확실 원전은 2032년부터는 총 20GW까지 늘어날 것이며 이는 LNG로 약 20백만톤에 해당한다. 궁여지책으로 원전 내에 임시저장소를 확충한다 하더라도, 유사 사례인 월성 원전을 보면 약 19개월의 건설기간이 소요되므로, 주민 설득과 지자체 동의 등을 얻는 과정을 고려하면 불과 5년 후인 2027년부터는 이러한 불확실성이 본격화될 수밖에 없다. 또한 이 시기는 차기 대선 기간에 해당하므로, 정치적 부담을 고려하면 정책당국이 적극적으로 해결에 나서기를 기대하기 어렵다는 점에서 어느 쪽으로 결론이 나든 해결과정 자체가 지연이 불가피하다는 점도 LNG의 부담이다.

E발표장

E-1	· 주제: 특별세션4. 수소저장시스템 안전 설계 및 평가 · 일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~17:20
E-2	· 주제: 특별세션6. LNG빙커링 및 이용기술 · 일시: 2022년 11월 18일(금), 09:00~11:20

모빌리티용 극저온 수소 저장 시스템 기술

최용남
한국원자력연구원

Cryogenic Hydrogen Storage System for Mobility

Yong Nam Choi
Korean Atomic Energy Research Institute

요 약

2013년에 현대자동차에 의해 출시된 최초의 양산형 수소 모빌리티(투싼 ix)의 연료 탱크는 350 기압의 복합재 용기이었고, 현재 넥쏘에는 700 기압의 복합재 용기가 사용되고 있다. 넥쏘에 탑재된 압축수소 용기의 시스템 수소저장 밀도는 약 24 kg/m₃ 및 5.8 wt% 수준이다. 더 많은 수소를 저장할 필요가 있는 미래의 수소 모빌리티에는 수소저장 밀도가 크게 향상된 극저온 수소 저장시스템이 탑재될 것이다.

표 1 현재와 미래의 수소저장 시스템의 기술적 사양

수소저장 시스템		시스템수소저장밀도		Holding Time	
		중량(wt%)	부피(g/L)		
현재	상온 압축수소 (700bar)	4.2	24	--	
	액체수소 저장탱크 (BMW, 2006)	8.1	42	17 hr	
개발중	극저온 압축수소 시스템, CcH ₂ (ANL, 500 bar)	7.3	43.0	8.8 day	
미래	美 DOE Target	2025	5.5	40	10 day
		Ultimate	6.5	50	14 day

과거의 모빌리티용 액체수소 저장탱크는 최대허용압력(MAWP)값이 비교적 낮은 값 (GM 2001년, 7.0 bar 및 BMW 2006년, 5.1 bar)으로 설정하였었다. 최근 (2021년 4월) Linde에서 소개한 Daimler LH₂ Truck에 탑재되는 액체수소 저장탱크에 적용될 Subcooled LH₂ Fueling Protocol에 의하면 최대허용압력 값이 20~25 bar로 설정되었고, 충전 종료 시의 온도 및 압력 값이 26 K, 16 bar로 비교적 큰 값으로 알려져 있다. 미래 모빌리티용 액체수소 저장용기에는 극저온 단일성능 외에도 극저온 내압성능이 요구되어 관련된 기술개발과 실증연구에 많은 투자와 노력이 요구되는 상황이다.

극저온 압축수소 (CcH₂, Cryo-compressed H₂) 저장용기의 경우, 초저온 용기와 압력 용기의 특성이 모두 요구되어 기술적인 난이도가 큰 편이다. 내조는 복합재 용기로 외조는 금속용기로 구성된 진공단열 용기인데, 이와 관련된 기술적 이슈와 선진 연구기관들의 연구 동향에 대해 간략히 소개하고자 한다.

극저온수소 (LH₂ & CcH₂) 저장 기술의 경우, 국내는 물론이고 전 세계적으로도 RCS (regulations, codes & standards) 개발이 미흡한 상황이다. 이에 대한 국내외의 개발 방향과 동향에 대해서도 간략히 소개하고자 한다.

액화수소용 초저온 탱크의 안전확보 설계기술에 관한 연구 동향

김대성, 김경수, 임동우, 홍성호, 차건종*, 김경천**

(주)크리오스, *주)대창솔루션, **부산대학교

The current Research Activities of Design Engineering to secure the Safety of Cryogenic Tanks for Liquefied Hydrogen

**Daeseong Kim, Kyungsoo Kim, Dongwoo Lim, Seong-Ho Hong, Keunjong Cha*,
Kyung Chun Kim****

*Cryos Co.,Ltd. , *Daechang Solution PLC , **Pusan National University*

요 약

수소는 자연적으로는 기체 상태로 존재하므로 부피당 에너지 밀도가 매우 낮아서 수소를 상업적으로 활용하려면 대기압의 기체를 1)압축하거나 2)액화하거나 3)다른 물질에 함침시켜서 부피당 에너지 밀도를 높여주어야 한다. 이 중에서 900 기압까지 압축하여 수소를 저장하는 기술의 상용화가 현재는 가장 앞서 있다. 하지만, 수소를 영하 253℃ 이하의 극저온으로 액화하면 단위 질량 당 에너지 밀도가 휘발유에 비해 3배로 높아지고, 부피 당 에너지 밀도가 압축 수소에 비하여 약 2배로 저장효율이 매우 높아 향후 수소의 대량 저장에 폭넓게 적용될 것으로 예상된다.

액화수소의 저장효율이 더 우수함에도 불구하고 현재 국내 수소의 저장과 수송에 압축수소 방식만이 활용되고 있는 이유는 액화수소와 관련된 기술수준이 낮기 때문이다. KISTEP의 「국가 전략기술 수준평가서(2020)」에 따르면 국내 수소에너지 기술은 최고 기술 보유국인 미국에 비해 수준 77.7%, 격차 3.9년으로 뒤처지며 특히 액화수소 분야의 격차는 상당하다. 액화수소 기술 확보 저조는 법규 혹은 기준 미비로 인하여 산업생태계가 미성숙한 것이 원인이며 정부에서는 이를 극복하기 위하여 액화수소 저장과 수송시스템 기술에 대한 연구개발을 집중 지원하고 있다.

수소 저장장치의 연구개발은 비용, 무게, 부피, 효율성, 내구성, 충전 시간, 안전성 등을 핵심 기술 목표로 진행되며 예를 들어 경량화와 비용 절감을 위해서 신소재를 개발하는 방식이다. 개발된 기술이 정적인 상태로 적용되는 압축수소에 비하여, 액화수소 저장장치의 경우 액화수소가 저장된 이후 외기로부터 열이 침입하면서 기화된 기체수소가 일정 압력 이상 누적되면 안전밸브가 열리는 방식으로 안전을 확보하게 되므로 장치의 구성이 보다 복잡하고 안전설계를 위해 고려해야 할 사항이 많다.

본 발표에서는 액화수소용 초저온 탱크의 단열성능과 구조강도를 높여 기화손실을 최소화하고 안정성과 내구성을 향상하는 등 현재 정부 지원으로 진행되고 있는 일련의 설계기술 연구개발 상황에 대하여 소개하고자 한다.

Acknowledgement : 본 연구개발은 산업통상자원부가 지원하고 한국에너지기술평가원이 관리하는 「신재생에너지 핵심기술 개발사업」(과제번호 : 20223030040120)의 지원으로 수행되고 있습니다.

가압 수소의 유체 거동에 대한 수치해석

최성웅*, 최안철*, 이성우*, 김한상**

*경상국립대학교 기계시스템공학과, **가천대학교 기계공학과

Numerical approach for the compressed hydrogen behavior

SungWoong Choi*, Ancheol Choi*, Seong-Woo*, HanSang Kim**

Gyeongsang National University*, *Gachon University*

요 약

지속적인 환경오염물질의 배출과 이산화탄소 등의 온실가스의 배출 증가로 인해 다른 형태의 에너지원인 대체에너지에 대한 수요가 요구되고 있다. 이러한 환경적 요구상황에서 대체 에너지 중 친환경 에너지인 수소가 궁극적인 대체 에너지로 주목 받고 있다. 수소를 에너지원으로 사용하기 위해서는 수소 생산, 저장 등의 기술이 필요하며 특히 새로운 저장 방법에 대한 연구의 필요성이 증가하고 있다. 본 연구에서는 Type III 수소 탱크의 고압 수소 배출 조건에서 저장 탱크의 수소 거동에 대한 수치적 연구를 진행하였다. 수치적 결과를 실험값과 비교하고 그 결과를 정량적으로 분석하여 수치적 구현을 검증하였다. 가스 모델의 검토 및 난류 모델의 검증을 통해 수치적 접근이 가능한 모델을 구현하였고 이를 통해 수소 가스 거동을 분석하였다.

최적화 프로세스를 통한 Type 4 수소저장용기 최적 설계 및 구조해석

김건우, 김한상[†]
가천대학교 기계공학과

Optimal Design and Structural Analysis of Type 4 Composite Pressure Vessel using Optimization Process

GUNWOO KIM, HANSANG KIM[†]

School of Mechanical Engineering, Gachon University, 1342 Seongnam-daero, Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea

요 약

지속적으로 제기되는 지구온난화 및 탄소 배출 등의 사회적·환경 문제에 따라 탄소 중립을 위해 수소 연료전지 자동차에 대한 관심이 증가하고 있다. 이에 따라, 수소를 저장하기 위한 고압 수소저장용기에 대한 연구·개발이 국내외적으로 활발하게 이루어지고 있으며 그 중, 용기의 경량화를 위해 비금속 라이너를 활용한 Type 4 수소저장용기에 대한 연구가 증가하고 있는 추세이다. 본 연구에서는 Type 3 수소저장용기와 달리 높은 압력을 견디고 낮은 무게로 효율성이 뛰어난 Type 4 수소저장용기의 설계하였으며 기존 용기에 대비하여 안전성을 향상시키고자 최적화 프로세스를 활용한 최적 설계에 대한 연구를 진행하였다. 본 연구에서 설계한 Type 4 수소저장용기의 라이너 부는 AL6061-T6 및 PA6 재질을 활용하였으며 복합재료 부는 T700S 재질을 활용하여 설계를 진행하였다. FE 모델링을 위해 상용 구조해석 프로그램인 ABAQUS 및 ABAQUS의 Plug-in인 WCM(Wound Composite Modeler)를 활용하였고 이후, 모델링된 데이터를 토대로 구조해석을 통해 수소저장용기의 파열압력 부여 시의 최대 섬유 방향 인장 및 압축 응력과 파손 부위를 예측하는 연구를 진행하였다. 이에 그치지 않고 Python Coding를 통해 자동으로 복합재료 층의 각 섬유 적층 각도를 변경하며 수소저장용기의 FE 모델링과 구조해석을 진행하는 최적화 프로세스를 설계 및 활용하여 최적의 와인딩 패턴을 설계하였으며, 최대 섬유 방향 인장 및 압축 응력을 감소시킴으로써 1MPa 이상의 고압 용기 안전기준인 2.25를 만족하고 기존 용기에 대비하여 안정성을 향상시키는 결과를 확인 및 도출하였다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국 에너지 기술 평가원(KETEP)의 “신재생에너지핵심기술개발사업” 지원을 받아 연구한 과제입니다. (NO. 20203010040010)
본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국 에너지 기술 평가원(KETEP)의 “신재생에너지핵심기술개발사업” 지원을 받아 연구한 과제입니다. (NO. 2022303004020A)

수소충전소용 100 MPa급 초고압저장용기(Type-1) 제조기술 및 사용수명 평가

오용록, 정현준, 지현준

(주)에테르씨티

Manufacturing Technology and Evaluation of Service Life of 100 MPa Pressure
Vessel(Type1) for Hydrogen Stations.

Yong-rok Oh, Hyeon-joon Jung, Hyun-joon Ji

Aether CT Co., Ltd.

요 약

수소차에 수소가스를 충전하기 위해, 수소충전소에는 cascade 방식으로 압력용기를 구성하여 최대 90 MPa의 수소를 차압 방식으로 충전하고 있다. 이때, 수소충전소에서 90 MPa급 수소를 저장하기 위해 사용되는 초고압저장용기(Type 1)의 제조기술과 고압 수소환경에서 사용되는 압력용기(Type 1)의 수소취성에 대한 사용수명 평가에 관련된 KGS와 ASME code 기준에 대해 소개 합니다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국산업기술평가관리원의 “소재부품기술개발 사업”의 지원을 받아 연구한 과제입니다. (NO.20015893)

수소충전소용 Type 1 수소저장용기 기밀부 형상에 따른 구조적 성능 연구

최인호, 김한상[†]
가천대학교 기계공학과

Structural Performance Study according to Shape of the Sealing of Type 1 Hydrogen Storage Vessel for Hydrogen Station

CHOI IN HO, KIM HAN SANG

*School of Mechanical Engineering, Gachon Univ. 1342, Seongnam-daero,
Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea*

요 약

수소에너지의 운송 및 저장 기술의 발전은 에너지를 공급하고 사용하는데 매우 중요한 기술이다. 수소는 현존하는 가스 가운데 가장 가벼우며, 무색, 무취 가스로 폭발 범위가 매우 넓다. 수소충전소 압력용기의 개구부에서 수소의 누출로 인한 인명사고 발생하고 있는 가운데, 수소압력용기의 내압 성능뿐만 아니라 기밀 성능 평가도 중요시되고 있다. 본 연구에서는 상용 구조해석 프로그램인 ABAQUS를 활용하여 수소충전소용 Type 1 수소저장용기의 기밀 성능 향상을 위한 기밀 부의 O-ring과 Backup-ring의 구조 최적화 연구를 진행하였다. 적용한 물성으로는 용기의 경우 SA372 Grade J Class70, 플러그의 경우 SUS420J2를 사용하였으며, O-ring과 Backup-ring은 EPDM과 PEEK 물성을 적용하였다. 또한, 해석의 신뢰성을 높이기 위해 실제 시험데이터를 사용하였다. 0.05 mm의 간극을 적용하여 플러그를 설계하였으며, O-ring과 Backup-ring은 플러그와 용기 사이에 위치시켜 해석을 수행하였다. 내부압력은 사용압력인 103 MPa를 부여하였으며, 플러그와 O-ring의 억지 끼워 맞춤 조건 부여, 압력용기와의 체결, 내부압력 적용 순서로 3가지 Step을 구성하였다. 높은 압력으로 인해 O-ring의 압출을 막아주는 Backup-ring이 간극 사이로 파고드는 현상을 방지하기 위해 Backup-ring의 형상을 변경하였으며, 형상 및 치수 변경에 따른 구조적 성능 비교를 통해 평가·분석을 수행하였다. 이를 통해, 본 연구에서는 반복 가압 시 Backup-ring의 밀림 현상으로 인한 가스 누출을 방지할 것이라는 연구 결과를 도출하였다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국 에너지 기술 평가원(KETEP)의 “신재생에너지핵심기술개발사업” 지원을 받아 연구한 과제입니다. (NO. 2022303004020A)
본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국산업기술평가관리원의 “소재부품기술개발사업”의 지원을 받아 연구한 과제입니다. (NO.20015893)

AET 기법을 이용한 수소충전소 운전중 수소저장용기 안전진단

김광복, 김봉기, 김운경, 이상범

(주)아이디케이 기술연구소

Diagnostics of Hydrogen Storage Tank during Operation Hydrogen Station using AET

Kwang Bok Kim, Bong Gi Kim, Woon Kyeong Kim, Sang Bum Lee

Integrity Diagnostic KOREA, R&D Center

요 약

수소충전소에서 사용하고 있는 Type-I과 Type-2 용기에 대해 충방전 운전중에 안전진단 기법이 소개되어 있지 않다. 음향방출(AET:Acoustic Emission Testing) 기법을 이용하여 실제 수소저장용기에 AET 시스템을 설치하여 수소충방전이 이루어지는 동안에 수소용기의 건전성을 진단한 결과 및 기술에 대해 소개하고자 한다. 또한 Type-IV의 CRFP 복합용기에서 결함분류 및 이의 특성에 대해 AET 기술을 이용한 결과를 제시하고자 한다.

수소 압력용기 충전소 가동중 재검사를 위한 AE/PAUT 연계 재검사 타당성 분석

조혜진, 이민경, 김민주, 이재훈
한국가스안전공사 가스안전연구원

Feasibility Study for AE/PAUT linked Re-Inspection for Re-Inspection During-Operation of Hydrogen Pressure Vessel Filling Station

Hye-Jin Cho, Min-Kyung Lee, Min-Joo Kim, Jae-Hoon Lee
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

현재 국내 수소 충전소에 설치되어 있는 수소 압력용기는 고압가스안전관리법 별표 12에 의거하여 KGS AC116(고압가스용 저장탱크 및 압력용기 재검사 기준)의 KS B 6755(압력용기 사용 중 검사)에 따라 검사를 진행해야 한다. 기준에서는 트레일러에서 분리한 후 내부 기체를 모두 빼내고, 내압 및 기밀검사와 비파괴검사를 수행하도록 제시하고 있다. 그러나 현실적으로 재검사를 위해 충전소의 가동을 중단하고 내부 기체를 모두 빼내는 것에는 무리가 있다.

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 음향방출시험(Acoustic Emission Testing, AET)과 위상배열초음파탐상기술(Phased Array Ultrasonic Testing, PAUT)기술을 활용하여 고압 수소 압력용기의 재검사 방법에 적용 가능 여부를 분석하고자 한다. AET는 응력을 받은 재료 내부 결함 부위에서 발생하는 탄성파를 통해 결함 유무를 판단하는 기술로, 가동 중지 없이 내부 결함의 위치와 거동을 판단할 수 있다. AET를 이용하여 결함의 위치와 활동성을 검출한 뒤 PAUT를 통해 내부 결함의 크기 및 모양과 관련된 구체적인 정보를 2차로 검출함으로써 제조 당시 성능 유지 여부를 파악할 수 있게 되는 것이다.

하지만 아직까지 국내 전문 인력 및 현장 검사 경험 부족, 장비의 국제적인 신뢰성 인증 등 국내 적용 실적은 여전히 부족한 상태이다. 또한 가동 중 압력용기의 건전성 평가를 위하여 PAUT를 통해 검출 가능한 결함의 종류 또한 규정되어 있지 않다. 따라서 국내 수소충전소 압력용기의 현재 상황을 파악하고 시험의 원리, 국내외 적용 사례, 검사 절차를 조사·분석하여 재검사 기준을 제·개정하고, 내부 결함의 조기 발견을 통해 안전사고 예방에 기여하고자 한다.

본 연구는 2021년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행되었습니다. (No.20215810100040)

병커링용 고망간강 Type C LNG Cargo Tank 개발

변정환, 김형천, 차건종, 김대성, 김기동*, 모용기*

(주)대창솔루션, *한국가스공사

Development of LNG Cargo Tank Using High Manganese Steel for bunkering

Junghwan Byun, Hyungchun Kim, Keunjong Cha, Daeseong Kim, Kidong Kim*,
Yonggi Mo*

*Daechang Solution Co., Ltd., KOGAS**

요 약

IMO의 선박 SOx 배출 규제 강화에 따른 LNG 연료추진선 도입과 이와 관련된 Middle/ Small Scale LNG 수송 및 병커링 기자재 산업이 확대되고 있다.

Middle/ Small Scale LNG 수송 및 병커링에 적합한 Type C LNG Cargo Tank를 비롯한 글로벌 극저온 단열탱크 시장은 연평균 7.7%, 2025년 1조 2천억원 규모로 성장이 전망되고 있다.

Type C 저장탱크는 9% Ni 강판, 스테인리스 강판, 알루미늄 등의 소재가 많이 적용되고 있다. 그러나 이들 재료는 자재 수급 환경 및 원자재 가격에 유리한 일본 및 중국에 비해 가격 경쟁력에서 취약한 상황이다.

기존 소재에 비해 저렴하고 강도가 우수한 국내 개발소재인 고망간 Steel을 적용한 Type C LNG Cargo Tank 개발을 통한 설계, 제조 기술 확보가 시급하다.

기존 Single Tank-우레탄폼 단열 또는 Double Tank-필라이트 진공단열의 성능을 개선한 저BOR 단열기술을 개발하여 품질 경쟁력을 제고할 수 있는 고단열 성능의 Type C LNG Cargo Tank의 개발이 요구되고 있다.

기존 소재 대체에 따른 LNG Cargo Tank의 시장 경쟁력을 확보하고, 저BOR 단열기술을 적용하여 Type C LNG Cargo Tank의 품질경쟁력을 확보할 필요가 있다.

본 연구에서는 국내 개발 고망간 소재의 용접 특성을 고려한 용접품질을 확보하고, 병커링용 고망간강 Type C LNG Cargo Tank 개발을 위해 설계, 전산해석, 제작, 성능 평가를 수행하여 안전성을 검증하고자 한다.

※ 본 연구 내용은 한국가스공사 기술개발 협력사업 “병커링용 50m³ Type C LNG Cargo Tank 개발(협약번호 제2020-지정-02호)” 의 지원으로 진행됨.

친환경 연료차량용 고정밀 레벨계측장치 연구

정종민, 이채호, 손원무, 이동현
한라IMS(주)

Research on high-accuracy level measuring device for eco-friendly fuel vehicles

Jong-Min Chung, Chae-Ho Lee, Won-Mu Son, Dong-Hyun Lee
HANLA IMS CO.,LTD.

요약

본 개발 기술은 친환경 LNG의 안정적인 수송, 저장 및 사용을 위한 차량용 탱크에 적용 가능한 정전용량식 고정밀 계측 장치에 관한 연구이다.

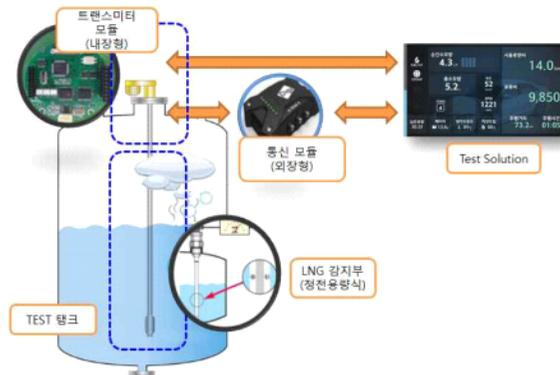
LNG 레벨 계측장치는 주로 LNG Carrier, LNG Terminal 등의 대형 탱크에서 Radar 방식 레벨트랜스미터를 적용하고 있으나 비용이 고가이며 약 1미터 이하 근거리 측정은 정확성 확보 등의 문제로 차량 전용에 한계가 많은 상황이다.

또한 LNG 차량에서는 차압식을 적용하고 있으나 레벨 오차가 크고 LNG 특성상 BOG 발생에 따른 기액간 압력차로 안정성이 떨어지므로 레벨계측방법에는 적합하지 않은 상황이다.

이에 따라 본 연구에서는 정밀하고 안정적인 LNG용 레벨계측장치를 구현하기 위해 탱크 내의 정확한 액위 계측을 위해서는 초저온의 상태의 액위를 계측할 수 있는 감지부와 레벨, 온도, 압력 정보를 실시간 모니터링 하는 트랜스미터 기술 그리고 계측된 데이터를 탱크 테이블에 의거한 용량산출 신호처리 연구를 진행하였다.

특히 초저온 및 가연성 화물을 계측해야 하므로 정상시 또는 고장시 부품이 접화원이 되지 않도록 전기적 에너지를 접화에너지 이하로 차단하도록 설계하고 회로 및 부품의 개방 또는 단락 등에 의해 발생된 스파크와 이로 인한 부품의 과열이 폭발의 원인이 되지 않도록 IEC60079의 규격에 적합한 설계를 하였다.

아래의 그림은 본 개발의 구성도를 나타내었다.



LNG 추진선의 MTTS(Multiple Truck to Ship) 벙커링 모듈 개발

박성진, 조정환, 허재영*
한준에프알, 에이피그린*

Development of LNG Fueled Ship Bunkering Module for MTTS(Multiple Truck to Ship)

Sungjin Park, Junghwan Cho, Jaeyoung Heo*
*Hanjun FR Co., Ltd., *AP Green Co., Ltd.*

요 약

본 연구는 선박용 천연가스를 연료로 사용하는 선박인 LNG 연료추진선에 LNG를 효율적으로 공급하기 위해 LNG탱크트레일러 2대이상 연결할 수 있는 MTTS(Multiple Truck to Ship) 방식의 LNG 벙커링 모듈을 고안하고 제반 설계와 해석을 수행하여 차압방식 및 펌프구동방식의 LNG를 공급할 수 있는 LNG 벙커링 모듈 개발하였다. MTTS LNG 벙커링 모듈은 이동이 용이하게 하기위해 ISO 20ft 컨테이너 규격으로 설계 및 제작되었으며, LNG 공급은 LNG이송 펌프 사용 유무에 따라 차압방식과 펌프구동방식으로 구분할 수 있으며 항만 및 선박의 상황에 따라 공급방식을 선택할 수 있도록 하였다. 차압방식으로 4대의 LNG 탱크트레일러를 연결하여 선박용 천연가스 공급할 경우 최대 LNG 유량 시간당 80m³ 이고, 펌프방식으로 공급할 경우 최대 유량이 시간당 150m³ 미만, 유속 10m/s 이하로 유지해야 한다.

Development of the International Standard for LNG as Marine Fuel using Truck to Ship Bunkering

Cahyani Windarto · † Ocktaeck Lim

** Graduate School of Mechanical Engineering, University of Ulsan, DaeHak-ro 93, Nam-gu, Ulsan 44610, South Korea*

*† Dept. School of Mechanical Engineering, University of Ulsan, DaeHak-ro 93, Nam-gu, Ulsan 44610, South Korea
(Corresponding Author)*

Abstract - The establishment of global environmental regulations related to sulfur and nitrogen oxides contained in maritime industry has strengthened the strategy to comply with the regulations is to fuel ships with liquefied natural gas (LNG) rather than with traditional heavy fuel oil. The increasing number of LNG fuelled vessels can pursue economic and environmental simultaneously. This study intends to measure and standardize the actual LNG bunkering supply of truck to ship bunkering of LNG fuelled vessels using coriolis flowmeters and gas chromatography to quickly calculate and store the vessel's quantity/quality, thereby reducing time lost in the ship's flight schedule and reduce stakeholder disputes caused by supply/demand quantity differences. This paper provides a comprehensive development of truck to ship bunkering of LNG standard systems in International Standard Organization (ISO) by comparing the legislative and normative rules of respective countries regarding of maritime transportation. The results show ISO DIS 6919 as procedures and requirements for transporting liquefied natural gas (LNG) from trucks to ships (TTS) using the combination of Coriolis mass flowmeter (MFM) and gas chromatography (GC), which gives guidance for portable packaging of the combination system in mobile form which minimizes facility storage space and streamline the use of development systems. Output from the system in calorie units is applicable to commercial transactions between suppliers and users of liquefied natural gas (LNG) as marine fuel.

Acknowledgement : This work was supported by national standard power improvement project by Korea Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT, Korea) [20006864, Project Name: The Standardization of Quantity Measurement System for LNG Fueled Vessel with Truck-to-Ship Bunkering]. This research was financially supported by the Ministry of SMEs and Startups in 2022. Thank you for your research funding support. ('Project name: Multiple Truck to Ship bunkering module development for ship LNG fuel supply, Project number: S3276425')

Key words : liquefied natural gas, truck to ship, standard, mass flow meter, gas chromatography

F발표장

F-1

- 주제: 도시가스
- 일시: 2022년 11월 17일(목), 13:00~17:20

효율적인 하천횡단배관 매설심도 측정을 위한 시스템 개발

손기영

(주) 예스코

Development of a system for efficient measurement of the depth of the burial of a river crossing pipe

Kiyoung Son

Yesco Co. , Ltd.

요 약

1980년대 수도권에 도시가스를 공급하기 시작한 이래 전국에 4만 7천여 km의 배관이 매설되었고, 2천만 고객에게 안정적으로 도시가스를 공급하고 있으며, 이로 인해 34개 도시가스사업자는 크고 작은 하천을 횡단하는 배관을 상당히 많이 보유하게 되었다.

하천횡단 도시가스배관의 설치환경 및 사용조건 등의 변화를 적절히 고려할 수 있는 법규(기준)의 필요성에 따라 도시가스사업자가 보유하고 있는 모든 하천횡단배관의 매설심도를 매년 측정, 관리하도록 도시가스사업법 시행규칙 및 KGS Code 『하천 등 횡단 매설배관 유지관리』 기준이 개정(2020. 08. 25.)되었다.

현재 대부분의 도시가스사업자는 배관탐사장비를 이용해 하천횡단배관의 매설심도를 측정하고 있으며, 이러한 측정방식은 다수의 인원과 많은 시간이 소요된다는 단점이 있어 현실적으로 합리적이지 못하다고 판단했다.

이에 따라 우리 회사는 현재의 측정방식보다 조금 더 정확하고 효율적인 매설심도 측정방법에 대해 고민하였고, GPS 절대좌표(X, Y, Z)를 활용해 측정이 가능하다는 것을 찾을 수 있었다. 새로운 측정방법은 기존의 방법 보다 측정인원과 소요시간이 줄어들고, 비교적 정확한 매설심도 Data 수집 및 활용이 가능할 것이라 판단하여 『하천횡단배관 관리시스템』을 구축하게 되었다. 아울러 새로운 관리시스템이 하천횡단배관의 효율적인 안전관리 및 합리적인 평가의 도구로 활용되어 안전을 확보하고 배관 유지관리 의사결정에 도움이 되기를 기대한다.

Abstract - Natural gas supply industry had originated early 80s starting from national capital region. Since that era, 34 companies within city gas industry are furnishing more than twenty million customers as of now. To meet surging demand, around 47 thousand km pipeline had constructed nationwide. Among enormous underground pipeline network, some pipeline was built under river or creek.

Due to unstable underground situation in riverbed, all city gas companies had regulated to measure and maintain the burial depth of underground pipeline. That regulation has the base on city gas business act and KGS Code specifically Standard of Maintenance of River Crossing Pipeline. That standard was amended on August 25, 2020.

Currently most city gas companies are measuring the burial depth of pipeline with the equipment for probing pipeline. This measuring method is not justifiable in case of cost performance ratio because it usually requires long operating hour and lots of manpower.

After long period of research to find more accurate and efficient method of measuring the burial depth, we' ve developed far better gauging way throughout absolute coordinates of GPS (X, Y, Z).

We have no doubt that new gauging system will save measuring time and manpower dramatically and make possible to accumulate more accurate date of underground pipeline. We hope new gauging system contributes risk free maintenance and help decision makers to develop better idea about gas pipeline management.

메타버스 기반의 도시가스 안전기술교육장 개발

백영호, 주철민, 민창식
서울도시가스(주)

Development of City Gas Safety Technical Training Center Based on Metabus

Young-Ho Baek, Chul-Min Ju, Chang-Sik Min
Seoul City Gas Co., Ltd.

요 약

도시가스를 고객에게 안정적으로 공급하기 위해서는 시설물의 안전점검과 유지관리를 수행하는 기술인력의 역할이 중요하다. 기술인력은 이론을 학습하였다가 단기간에 도시가스 설비를 능숙하게 조작할 수 있는 것이 아니라 다양한 현장 경험과 숙련 과정을 통해 확보할 수 있다. 이를 위해 각 도시가스사는 자체 안전기술교육장을 운영하면서 기술인력 양성에 힘쓰고 있다.

하지만 과거와 같은 대면 방식의 기술교육은 실물 설비를 직접 접촉하고 조작하면서 기술을 습득할 수 있는 장점이 있는 반면, 교육장 방문을 위해 시공간의 제약이 발생하고, 교육 이후 반복학습의 어려움이 있으며, 무엇보다도 현장에서 실무를 수행하면서 필요할 때 바로 학습하기에는 곤란한 부분이 많았다. 또한, 유튜브 등 모바일 기반 콘텐츠에 익숙한 MZ세대 신규 입사자는 과거의 교육방식만으로는 교육에 집중하기 힘들어 했다.

최근 IT분야에서 언급되고 있는 기술은 ‘메타버스’이다. 메타버스는 시공간의 제약 없이 사용자가 직접 체험하고 참여할 수 있는 장점이 있다. 해외의 로블록스, 마인크래프트, 게더타운, 메시, 국내는 네이버 ‘제페토’, SKT ‘iFLAND’, 카카오 ‘UNIVERSE’ 등 단순히 게임뿐만아니라 마켓, 교류, 교육, 사무 등 비즈니스 플랫폼으로써 ‘메타버스’ 생태계를 조성하고 있다.

우리는 지금까지 대면 방식으로 운영해온 안전기술교육장의 문제점을 개선하기 위해 고민했다. 결국, 이 문제점을 해결하기 위해서는 메타버스 기술을 활용해야 한다는 결론에 도달했다. 그리고 마침내 도시가스 설비에 대한 기술 습득이 가능한 안전기술교육장을 구축하였다.

가상의 공간에 교육생이 온라인으로 입장하여 기술교육을 콘텐츠를 직접 조작하는 체험과정을 통해 메타버스 안전기술교육장의 구성과 특징을 설명하고, 개발 과정에서 겪은 시행착오와 극복 사례를 함께 공유한다. 도입에 따른 기대효과와 추가적인 진행 계획을 소개하고, 향후 지향하는 목표모델까지 제시함으로써 동종업계에서 ‘메타버스’ 생태계 참여를 위한 경로(path) 역할을 할 수 있기를 기대한다.

CO 중독사고 예방을 위한 '가스 보일러용 사용자 설치형 유해가스 경보장치' 연구

조동현, 김진해, 최방환, 장창수, 정준수, 최준희
JB주식회사(구舊 중부도시가스)

A Study on 'User fixing type hazardous gas alarm device for gas boiler'
to Prevent CO Poisoning Accidents

Dong hyeon, Cho, Jin Hae, Kim, Bang Hwan, Choi, Chang Soo, Jang,
Jun Su, Jung, Jun Hee, Choi
Formally Known as Jungbu Citygas, JB Corp.

요 약

최근 5년간 국내 일산화탄소 중독사고는 전체 39건 중 보일러 관련 사고만 23건이며, 전체 85명의 인명피해 중 59명이 다치고 26명이 사망했다. 이러한 사고를 예방하기 위해 가스보일러 시설에는 유해한 가스를 감지한 후 경고음을 사용자에게 알리기 위한 가스 경보기가 함께 사용된다. 위와 같은 장치는 경보 시스템이 구현된 장소에서는 이용할 수 있으나, 숙박업소와 같이 경보 시스템이 구현되지 않은 곳에서 사용자가 일시적으로 머무는 경우에는 이용할 수 없는 한계가 있다. 따라서 본 연구는 일산화탄소 중독사고 예방을 위하여 '가스보일러용 사용자 설치형 유해가스 경보장치'를 제안하였으며, 경보 시스템이 설치되지 않은 장소에서도 간편하게 설치할 수 있도록 하나의 모듈로 구성하였다. 또한 유해가스가 일정 농도 이상 발생하는 경우 밸브를 자동으로 차단하고, 가스의 농도에 따라 경보 레벨을 달리하여 사용자에게 효과적으로 인지시키고자 하였다.

Abstract - In the past five years, 23 of the 39 cases of carbon monoxide poisoning in Korea were boiler-related, and 59 were injured and 26 died out of 85 casualties. In order to prevent such accidents, a gas alarm is used in gas boiler facilities to notify the user of a warning sound after detecting harmful gas. The above device can be used in a place where an alarm system is implemented, but there is a limitation that it cannot be used when a user temporarily stays in a place where an alarm system is not implemented, such as a lodging establishment. Therefore, this study proposed a 'User fixing type hazardous gas alarm device for gas boiler' to prevent carbon monoxide poisoning accidents and consisted of one module to facilitate installation even in places without alarm systems. Also, when a harmful gas occurs more than a certain concentration, the valve is automatically blocked and the alarm level is changed according to the concentration of the gas to effectively recognize the user.

Keywords: Carbon Monoxide Poisoning, Gas Boiler, Gas Alarm

초정밀 차량용 가스검지기를 활용한 기밀검사 추가방안 소개

신상민 · 김성태 · 백무경 · 배태우
(주)부산도시가스

Introduction of additional methods for leak-test using ultra-precision vehicle gas detector

Tae woo Bae, Sung tae Kim, Mu kyung Baek
Busan City Gas. Co. Ltd

요 약

주기적으로 실시하는 도시가스 배관의 법적 기밀검사시 실제 가스가 통입되어 있는 배관의 가스공급을 중단시키고 기밀검사를 수행하기는 현실적으로 어렵기 때문에, 대부분의 도시가스사에서는 배관의 노선상 50m 간격으로 보링을 실시하고 FID (수소염이온화식)등의 가스검지기를 이용해 누출여부를 확인하는 것으로 기밀검사를 대체하고 있다. 이때 보링작업은 작업 중 사고발생, 도로파손 및 후속사고, 지자체와의 마찰등 다양한 위험요인을 내재하고 있다.

본 자료에서는 기존 장비보다 정밀하게 가스누출을 점검할 수 있는 장비를 활용한다면 보링을 대신하여 배관의 가스누출 여부를 확인할 수 있다는 가설을 세우고, 신장비(Tracer Ethane)의 상황별 테스트를 기존장비와 비교 수행하여 이러한 가설을 검증해 보고, 기밀검사의 추가방안으로 소개하고자 한다.

한·일 가스산업의 효율성 비교와 시사점 연구

노지용, 정희용
한국도시가스협회

A Study of Efficiency Comparison and Implications of Korea-Japan Gas Industry

Jiyong-Roh, Heeyung-Chung
Korea City Gas Association

요 약

우리나라의 도시가스산업은 50년의 역사를 가지고 있지만 일본의 도시가스산업은 우리나라 도시가스 산업의 역사보다 더 긴 100년의 역사를 가지고 있다. 우리나라와 일본 도시가스산업에는 공통점과 차이점이 있다. 공통점은 우리나라와 일본은 천연가스를 거의 대부분 LNG형태로 수입하고 있다는 점이다. 차이점은 일본은 우리나라와 달리 에너지시장 전면 자유화를 통해 가스시장에도 다양한 사업자들이 활발하게 참여하고 있다는 점이다.

우리나라의 도시가스 산업은 성장기를 지나 성숙기로 진입했으며 성장세가 완만해졌다. 본 논문에서는 우리나라와 일본 도시가스산업의 현황을 살펴보고 각 산업의 성장성, 효율성, 수익성 등을 비교하고 분석하여 이에 대한 연구를 통해 시사점을 도출해 우리나라 도시가스 산업의 발전방향을 연구해보고자 한다.

Korea's city gas industry has a history of 50 years, but Japan's city gas industry has a 100-year history that is longer than that of Korea's city gas industry. There are similarities and differences between the city gas industry in Korea and Japan. One thing in common is that Korea and Japan import most of their natural gas in the form of LNG. The difference is that, unlike Korea, in Japan, various operators are actively participating in the gas market through full liberalization of the energy market.

The city gas industry in Korea has passed through the growth phase and has entered the maturity phase, and the growth has slowed. This paper examines the current status of the city gas industry in Korea and Japan, compares and analyzes the growth potential, efficiency, and profitability of each industry, draws implications through this study, and studies the development direction of the city gas industry in Korea.

Key words : Korea's citygas industry, Japan's citygas industry, comparison, efficiency, gas pipeline

IoT 기반의 인텔리전트 전기방식(CP) 관리시스템 연구

김용술, 김판상, 손현익

(주)경동도시가스

A Study on the Intelligent C.P. Management System Based on the Internet of Things

Yong-Sul Kim, Pan-Sang Kim, Hyun-Ik Son

KyungDong City Gas, Korea

요 약

지하에 매설되는 가스배관은 탄소강에 내식성 피복을 코팅한 폴리에틸렌 피복강관(PLP)을 주로 사용하고 있다. 이러한 PLP 배관도 완벽한 코팅일 수 없다는 전제하에 부식 방지를 위한 외부전원법, 희생양극법 등의 전기방식을 하고 있다.

하지만 가스배관은 굴착공사, 건축물 리모델링, 절연설비의 노후화, 정류기 고장, 다양한 외부 환경변화 등에 의해 수시로 전기방식 이상이 발생하고 있으며, 특히 가스배관이 타 금속배관이나 부대장치, 구조물 등 다른 금속 매체와 접촉(메탈터치)이 발생하면 가스배관 외에 다른 금속 매체를 통해 불필요한 방식전류를 소모하게 되고 가스배관은 방식전류 부족현상이 발생하게 된다. 이러한 문제는 양극 보강, 정류기의 출력 상향으로 해소 가능한 부분도 있지만, 근본적 문제점의 해결 없이는 효과적인 방법이 될 수 없으며, 피방식면적이 매우 큰 시설과 접촉 시에는 현재의 방식능력을 초과하여 희생양극의 급격한 소모와 정류기 부하의 한계 및 막대한 전력 비용 등의 발생, 결국엔 가스배관의 부식으로 인한 위험성에 노출될 수 있다.

이상이 발생된 지점은 큰 피복손상부로 작용하며 이는 비교적 작은 금속 구조물과의 연결에도 발생한다. 그 영향은 가스배관이 연결된 수십~수백 km 영역에 광범위하게 나타나지만 현장에서 점검하지 않는 상태에서는 이상발생의 감지 자체도 어렵고, 방식전위 등의 이상현상이 감지되더라도 원인지점을 신속히 파악하는 것은 어느 정도의 기술적, 경험적 지식이 있는 기술자들에게도 많은 시간이 필요한 상황이다.

따라서, 메탈터치나 절연과괴 등 가스배관 전기방식에 치명적인 악영향을 줄 수 있는 이러한 사건들에 있어 가장 중요한 점은 이상 징후의 신속한 감지를 위한 실시간 모니터링과 신속한 원인지점의 파악이라고 할 수 있다.

상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 본 연구과제에서는 멀티형 IoT T/B 단말기, 정류기 원격감시 및 제어시스템(CP RMCS), SCADA, 웹 GIS 등 사물인터넷 기반의 장비들을 최대한 활용한 방식전위나 방식전류 등의 이상 현상을 신속하게 감지하고 원점으로 부터 광범위한 지역에 나타나는 이상 현상의 영향에 대해 범위 축소가 빠르고 정확하게 이루어질 수 있도록 시스템적 솔루션을 제시할 수 있게 되었다.

Key words : City Gas, Cathodic Protection, IoT, Rectifier, SCADA, Potential, IR Drop

인입배관 폐지/ 재사용을 위한 안전 차단 장비 개발

이창현

(주)부산도시가스

요 약

도시가스사는 건축물 철거 이후 신축건물이 지어지면 신규공급을 위해 인입배관을 투자하게 되는데, 기존 배관을 철거하고 같은 위치에 신규배관을 부설하는 것은 경제적으로나 업무효율성 측면에서 손실이 크다. 또한 도로 폐지 시 발생하는 관할 지자체의 허가 지연, 신규/ 특수 포장으로 인한 허가 제한 등으로 무단 철거로 이어질 수 있는 리스크가 잔존하고 있다. 장비를 활용한 안전 차단 방식은 대기 경계에서 인입관 폐지 시 인입관 내부에(1m 지점) 차단 플러그를 안전하게 삽입하고 마감캡으로 이중차단하는 방식으로 건축물 철거 시 대지 경계 주변에서 비계 작업 등으로 지하 매설관의 손상이 발생해도 하수 측구 전까지 차단 플러그로 1차 차단되어 있는 상태이므로 가스관 손상으로 인한 가스 누출은 발생하지 않는다. 과거 일부 사용되었던 입구 차단용 패킹 사용의 불편함을 개선하였고 내관 공사 업체의 의견을 반영하여 신속하고 안전성이 높은 장비로 새롭게 개발되었다. 안전 차단장비를 활용하여 대기경계 폐지에서 재연결까지 Process를 소개하고자 한다.

도시가스 빅데이터 활용을 위한 표준화 방안

김동영, 김보식, 허정
한국도시가스협회

Standardization method for utilizing city gas big data

Dong Yeong, Kim, Bo Sik, Kim, Jung, Her
Korea City Gas Association

요 약

국내외 다양한 산업에서 생성 및 수집된 메타데이터¹⁾(Metadata)의 효율적인 활용을 위해서는 빅데이터 기술이 필수적이다. 이는 단순한 정보 획득 목적의 기술로부터 인공지능(AI)과 결합하여 변화 예측형 기술로 발전하는 양상을 보이고 있으며 정부 차원에서도 공공·민간 분야의 대표 데이터 플랫폼 확충 및 통합 연계방안을 발표

1) 대량의 정보 가운데에서 확인하고자 하는 정보를 효율적으로 검색하기 위해 원시 데이터(Raw data)를 일정한 규칙에 따라 구조화 혹은 표준화한 정보

도시가스 장기사용 용접형 밸브 안전관리방안 고찰

양건모

(주) 예스코

City gas long-term welded valve safety management plan

Gunmo Yang

Yesco Co. , Ltd.

요 약

도시가스 공급이 30년 이상 지속되면서 초창기 설치한 공급설비의 노후화가 시작되고 있다.

도시가스 공급은 가스를 배관을 통해 소비자에게 공급하는 배관, 밸브 등의 공급설비가 장기 사용으로 노후화되고 있는 공급 설비의 체계적인 관리와 교체가 필요하며, 안전관리를 강화할 방안 모색이 필요하다.

특히, 장기사용 밸브 내 습한 환경으로 부식, 고착 등의 현상이 발생하므로 밸브 본연의 차단 역할이 원활하게 진행 될 수 있도록 유지관리 방안 마련 및 적합한 안전관리가 필요하다.

2003년 이전 설치된 용접형 밸브 내 퍼지밸브 막음캡 open 중 고착에 의해 불 덮개 나사 이음 부분이 풀림으로 가스 누출 사례가 있었고, 플랜지 타입 퍼지밸브 불 덮개 풀림 현상이 있었기에 유사한 사례로 인한 사고를 미연에 방지하여 안정적인 가스공급이 유지해야 할 것이다

이에, 용접형 밸브 내 퍼지 밸브에 대하여 퍼지전 작업자에게 밸브 확인 및 안전교육을 실시하여 안전사고를 방지하고, 도시가스 장기사용설비에 대한 체계적인 관리가 반드시 이뤄져야 할 것이다.

□ 별첨 : 도시가스 밸브는 도시가스사업법 시행규칙 [별표5]

도로와 평행하여 매설되어 있는 배관으로부터 도시가스의 사용자가 소유하거나 점유한 토지에 이르는 배관으로서 호칭지름 65mm(KS M 3514에 따른 가스용폴리에틸렌관의 경우에는 공칭외경 75밀리미터를 말한다)를 초과하는 것에는 위급한 때에 도시가스를 신속히 차단시킬 수 있는 장치를 도로 또는 가스사용자의 동의를 얻어 그 토지 안의 경계선 가까운 곳에 설치 할 것

Abstract - As the supply of city gas continues for more than 30 years, the facilities that were initially established are beginning to deteriorate.

Systematic management and replacement of supply equipment such as pipes, valves, etc., which are supplied to consumers through gas pipes by cities, are obsolete due to long-term use, It is necessary to search for measures to strengthen safety management

In particular, phenomena such as corrosion and sticking occur in a damp environment inside valves that have been used for a long time, so maintenance plans and appropriate safety management are required so that the original shutoff function of valves can proceed smoothly.

While opening the purge valve seal cap in the welded type valve installed before 2003, there was a case of gas leakage due to loosening of the ball cover screw joint due to sticking. Since there was an opening of the flange type purge valve ball cover, similar incidents should be prevented and a stable gas supply should be maintained.

As a result, the operator before purging the purge valve in the welded valve is checked and given safety training to prevent safety accidents. Systematic management of facilities for long-term use of city gas must be carried out.

□ Attachment : City Gas Enforcement Regulations[5]

In the case of polyethylene pipes for gas with a nominal diameter of 65 mm (KS M 3514), the pipes running parallel to the road to land owned or occupied by city gas users must exceed the nominal outer diameter. In the event of an emergency, install a place near the boundary line within the road or within the land with the consent of the gas user, where the city gas can be quickly cut off in an emergency.

가스 원격검침 단말기(통신중계기) 개발

오기석, 이정한, 손현익

(주)경동도시가스

Gas remote meter reading device development

Ki-Suk Oh, Jung-Han Lee, Hyun-Ik Son

KyungDong City Gas, Korea

요 약

도시가스 계량기 중 10등급 이하(소유량 계량기라 칭함) 계량기는 국내 생산품을 설치 사용하고 있으며, 10등급 초과 계량기(대유량 계량기라 칭함)는 일부 국내 생산하나 대부분 수입품을 설치 사용 중에 있다.

소유량 계량기는 정부의 스마트시티 사업에 편승하여 2019년부터 스마트 계량기(가스 누출점검과 원격검침 기능 탑재)를 제작하여 보급하고 있어 순차적으로 원격검침 기능이 되는 계량기를 설치 중에 있다.

대유량 계량기는 정부의 스마트시티 사업 대상에서 제외 돼 있으며, 원격검침을 시행하려면 계량기에 온압보정장치를 부착한 경우에는 원격일체형 보정기를 설치하면 보정기능과 원격검침 기능을 모두 활용할 수 있는데 반해 보정장치를 부착하지 않은 계량기는 원격검침을 위한 단말기가 필요하다. 현재 시중에 판매중인 단말기는 대유량 계량기와 단말기가 일체형으로 제작되어 판매중인 것이 있으나 이는 제작 메이커사의 막식 계량기 한하여 일체형으로 제작되어 타 메이커 및 터빈식과 로터리식 계량기에는 부착이 불가능하여 대유량 계량기 전 메이커 및 타 형식에 원격검침을 설치하지 못하는 한계성이 있다. 이를 해결하기 위하여 메이커 및 형식에 호환성을 가지는 원격검침용 단말기를 개발하여 대유량 계량기도 원격검침 시스템으로 구축하고자 한다.

향후 소유량 및 대유량 계량기 전체를 원격검침 시스템으로 완료할 경우 검침 및 안전관리 업무 등에 활용하여 관련 업무 시스템을 보다 효율적으로 변경할 수 있는 업무 전환 기능으로서의 역할에 기여할 수 있게 되었다.

Key words : City Gas, Smart City, remote meter reading device, Gas Meter, Volume Corrector

도시가스 공급시설, XR기반 안전관리 시스템 구축

전광원, *김경만
미래엔서해에너지, *버넥트

Gity gas supply facility, XR-based safety management system establishment

Koang Won, Chun, Lee, Kyung Man, Kim*
*Mirae'N SeohaeEnergy, *Virnect*

요 약

도시가스 사업은 광범위한 지역에 배관설비 등을 이용하여 안정적으로 가스를 공급하는 인프라 사업으로 각 사업자(전국 도시가스사업자 : 34개 사)마다 지역의 특성과 필요에 맞게 공급설비를 구축 운영하고 있다. 도시가스사는 안전한 가스공급을 위하여 상황실(24시간 원격감시 체계)을 운영하고 있으며, 가스공급을 위한 중요 설비인 지역정압기에 대한 공급압력, 차단밸브, 통신 및 정전 이벤트 등을 모니터링 진행하고 있다.

도시가스 사업의 특성상 넓은 지역에 공급설비가 분포되어 있음에 따라 문제 발생으로 현장 출동 시 신속하고 정확하게 조치할 수 있어야 한다. 하지만 출동자의 기술 숙련도(신입사원, 보직변경 등)에 따라 조치 시간 등에 차이가 발생할 수 있어 이를 보완 할 수 있는 방안이 필요하다.

이를 해결하기 위하여 4차 산업 기술을 도입, 현장 상황에 대응할 수 있는 XR(extended reality:확장현실) 콘텐츠를 제작(긴급차단밸브 복귀)하여 현장 출동자가 정확하게 조치할 수 있도록 하였으며, 실시간 무선 영상과 AR(augmented reality:증강현실)을 활용하여 원격으로 3자(숙련자 & 상황실 & 출동자)간 소통을 통해 안전하게 문제를 해결할 수 있는 안전관리 시스템을 구축하였다.

아울러 지역정압기 분해점검 교육을 실감형 AR콘텐츠로 제작하여 기존의 교육방식(서면 및 현장 실습 교육)의 문제점인 물리적인 공간, 시간 등의 제한적이었던 방식을 언제든 어디서든 효율적이고 효과적으로 교육이 진행될 수 있도록 개선하였다.

본 사업을 통하여 안전관리 업무에 4차 산업 기술이 어떻게 도입될 수 있는지를 확인할 수 있었으며 현재 4차산업 기술의 발전 수준에 대해 고찰할 수 있어 향후 안전관리업무의 다양한 분야에 활용되고 안전 기술이 향상될 수 있을 것으로 기대된다.

본 사업은 『2021년도 충남정보문화산업진흥원 XR융합콘텐츠 지원사업 자유분야』에 선정되어 수행되었습니다

Abstract – The city gas business is an infrastructure business that stably supplies gas to a widespread using plumbing facilities. Each business operator (national city gas business: 34 companies) builds and operates supply facilities according to the characteristics and needs of the region.

City Gas Company operates a control room (24-hour remote monitoring system) for safe gas supply, monitors supply pressure, shut-off valve, communication and blackout events for local static pressure equipment, indicating an important facility for gas supply.

City gas business supply facilities are distributed over a wide area. In case of problem occurs, it has to take action promptly. Depending on the skill level of the dispatcher (new employee, change of position, etc.), there is a differences in the time taken for action, etc., so a method to compensate for this is necessary.

Therefore 4th industrial technology was introduced and XR (extended reality) contents that can respond to the on-site situation were produced. (returning the emergency shut-off valve)

The on-site dispatcher could take correction to establish a safety management system that can safely solve problems through remote communication between 3 parties (skilled personnel & situation room & dispatchers). By producing realistic AR contents, the local static pressure machine disassembly and inspection education was improved so that the education could be conducted efficiently in the limited physical space and time. Through this project, it was possible to confirm how the 4th industrial technology can be introduced in safety management work. It predicts how the current level of development of the 4th industry technology can be considered in future.

Keywords: 4th industrial technology, Regulator, XR (extended reality), AR (augmented reality)

탄소중립을 위한 일본 도시가스업계의 메타네이션 추진현황과 국내 시사점

이한석, 방유진
한국도시가스협회

Current status of Methanation promotion of Japanese city gas industry for carbon neutrality and domestic implications

Han Suk, Lee, Yu Jin, Bang
Korea City Gas Association

요 약

심각해지는 기후위기에 대응하기 위한 국제적 노력의 결과로 우리나라를 포함한 세계 주요국들은 탄소중립을 선언하였다. 주요국들은 각 국가별 에너지 및 산업의 특성에 맞추어 탄소중립의 이행방안과 연차별 목표를 설정하여 NDC에 반영하는 등 구체화 하고 있다. 우리와 인접한 일본은 2020년 10월에 ‘2050년 탄소중립’을 선언하고 2030년 탄소배출량을 2013년 대비 26%를 삭감하는 목표치를 제시하였다. 일본의 도시가스업계에서는 비전력 분야인 가스의 탄소중립 이행방안으로 메타네이션을 채택하고 실행을 추진 중이다. 메타네이션은 회수된 이산화탄소와 재생에너지 기반의 수소로부터 메탄을 합성하여 수요가에 공급하는 방식으로 탄소중립 가스에 해당한다. 그리고 e-메탄의 성분이 천연가스와 동일하여 가스배관, 연소기 등 기존의 인프라와 설비를 그대로 활용할 수 있는 장점이 있다. 일본 가스업계에서 추진하는 메타네이션의 현황을 이해하고 국내 도입 가능성 등 시사점을 찾아보고자 한다.

Abstract - As a result of international efforts to respond to the worsening climate crisis, major countries including Korea have declared Carbon Neutrality. Japan declared ‘carbon neutrality by 2050’ in October 2020 and presented a target of reducing carbon emissions by 26% in 2030 compared to 2013. In Japan’s city gas industry, Methanation has been adopted and is being implemented as a carbon-neutral implementation plan for gas sector. Methanation is a carbon-neutral gas by synthesizing methane from recovered carbon dioxide and renewable energy-based hydrogen. In addition, since the composition of e-methane is the same as that of natural gas, there is an advantage that existing infrastructure and facilities can be used as they are. The purpose of this study is to understand the current status of Methanation and to find implications such as the possibility of domestic introduction.

Keywords: Methanation, Synthesizing methane, Japan’s city gas industry, Carbon neutrality

포스터 발표.

대형 프로판 엔진의 노킹에 영향을 주는 인자 분석

김용래, 최지선, 박철웅, 최영
한국기계연구원 모빌리티동력연구실

Parameter Analysis on the Knock Occurrence at the Large-size Propane Engine

Yongrae Kim, Jisun Choi, Cheolwoong Park, Young Choi
Department of mobility power research, Korea Institute of Machinery and Materials

요 약

차량에서 발생하는 배출가스를 줄이기 위한 노력이 많은 부분에서 진행되어 왔는데, 과거에 디젤 버스가 천연가스 버스로 대체된다던지 현재 배터리나 수소 연료전지에 기반한 전기동력 자동차가 보급되는 것들이 대표적이다. 그러나, 산업 차량과 같은 경우에는 값비싼 첨단 기술을 적용하기에는 비용적인 측면에서 현실적인 한계가 있기 때문에 연료의 변경과 같은 방법을 통하여 대기 환경 개선에 기여를 하는 것이 타당할 수 있다. 일반적으로 디젤 엔진을 사용하던 산업 차량들은 노후화가 진행될수록 입자상물질이라던지 질소산화물의 배출이 더욱 심각해질 수 있다. 따라서 버스의 사례에서처럼 천연가스 엔진으로 대체하는 방법도 있으나, 충전시설의 한계로 인해 모든 지역에서 사용이 어렵기 때문에 프로판과 같이 비교적 보급이 수월한 연료로의 변환이 바람직할 것으로 보인다.

프로판 연료는 이미 택시와 같은 승용차급에서 충분히 보급된 LPG의 주요 성분인데, 단일 연료로 대형 차량에 적용되어 상용화된 사례는 극히 적다. 이에 본 연구에서는 노후화된 건설용 차량의 약 6리터급 디젤 엔진을 프로판 엔진으로 개조하는 기술을 개발하고자 하며, 최종적으로는 동등 이상의 출력과 배출가스 측면에서는 보다 개선된 결과를 도출하고자 한다. 프로판 연료는 디젤의 압축 착화 방식이 아닌 점화플러그를 이용한 불꽃 점화 방식을 이용하게 되는데, 이러한 연소 방식의 차이로 인하여 가장 극복해야 할 점이 노킹 현상 발생을 최대한 억제하면서 또는 피하기 위해 각종 제어를 수행해야 한다는 것이다. 특히 점화시스템의 중심에 있는 점화플러그 및 기타 혼합기 형성에 영향을 미치는 하드웨어를 대상으로 노킹 발생에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고자 한다.

LPG 소형저장탱크 위험성 분석 및 대피거리 산정

이승준, 김다희, 윤종빈, 장기원, 정승호[†], 이근원
아주대학교 환경안전공학과

Risk Analysis And Evacuation Distance of LPG Small Storage Tank

**Seng Joon LEE, Da Hee Kim, Jong Bin Yoon, Ki Won Jang,
Seungho Jung[†], Keunwon Lee**
Department of Environmental and Safety Engineering, Ajou University
[†] *Corresponding author : processsafety@ajou.ac.kr*

LPG(Liquified Petroleum Gas)는 도시가스(NG)와 같이 가정용과 산업용으로 많이 사용되고 있다. 압축이 쉽다는 LPG의 특성과 함께 LPG의 PSM 규정량의 완화로 인해 최근 사용량이 급격하게 증가했다. 이에 따라 화재 또는 폭발사고의 빈도가 증가하여, 인명피해가 늘어날 것으로 예상된다. LPG의 누출로 인한 화재와 폭발사고 발생 시 인명피해가 예상되는 사고 영향범위를 산정하여, 대피기준을 확립하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 LPG를 위험물질로 선정하여 Tank 저장량과 누출공 직경을 변수로 설정한 후, DNV GL사의 PHAST를 사용하여 변수에 따른 Overpressure Contour(5kW/m²) 결과를 해석하였다. 내부 용량과 누출공 직경에 따른 개인적 위험도(Individual Risk)와 사회적 위험도(Societal Risk)를 확인하고, FN곡선을 작성했다.

Tank Rupture로 인한 비등액체팽창 증기폭발(BLEVE) 등에 의한 피해예상 범위를 확인하였고, 분석 결과 Fireball로 인한 복사열 피해범위가 165.06m(5KW/m²), 92.38m(12.5KW/m²)으로 BLEVE로 인한 폭발 과압보다 더 넓게 나타났다. 복사열 결과값을 기준과 Propane 질량에 따른 긴급 대피거리와 최소대피거리를 추정하였으며, 프로판 질량에 따른 살수용량을 산정하였다. 유동인구가 많은 경우 대피거리 이상 대피시키는 것은 어렵다고 예측하였으며, 폭발 자체를 막기 위해 유동인구에 따라 살수장치의 수 등 안전장치의 설치기준을 강화해야 할 것으로 판단된다.

* 본 연구는 2022년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2022R1F1A1065461)

고온 PCM에서의 금속 재료에 따른 부식 특성 실험 연구

김예원, 박동규, 민흥기, 전동환*

고등기술연구원, 17180 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로51번길 175-28

A Experiment Study of Corrosion Properties of Metal Materials in Phase Change Material for High Temperature

Yewon Kim, Dongkyoo Park, Heungki Min, Donghwan Jeon*

Institute for Advanced Engineering, 175-28, 51 Goan-ro, Baegam-myeon, Cheoin-gum

Yongis-si, Gyeonggi-do, 17180, Korea

요 약

국내에서는 2050 탄소 중립화를 위한 온실가스 배출 감축 기술개발 및 산업공정 확대 보급을 지속적으로 추진하고 있으며, 열에너지 다소비 사업장에서도 온실가스 배출 저감을 위한 열에너지 회수/저장 기술에 대한 관심이 증가하고 있다. 또한 기존의 환경오염방지 기술은 오염물질 저감에 중점을 두었지만, 달라진 기후 체제에 따라 오염물질을 저감할 뿐만 아니라 생산비용을 절감하고 에너지를 재활용할 수 있는 기술이 요구되고 있다. 산업에서의 열 회수 및 저장은 설비의 지속 가능성과 신뢰성을 향상시키며, VOC 산화설비인 축열식 연소산화장치의 경우에도 배기 폐열 회수의 일환으로 폐열 회수 활용을 위한 에너지 저장 물질에 대한 적절한 선정이 필요하다.

상변환물질(PCM)은 상전이온도에서 다량의 열을 흡수하는 과정에서 고체에서 액체로 상변화가 수반되며, 열을 방출하는 과정에서는 액체가 고체로 상변화가 이루어지는 열에너지 저장 물질이다. 이러한 특성을 이용하면 폐열을 저장한 후 열 수요처에서 필요한 시간 및 장소로 폐열 공급이 가능하다.

본 연구에서는 축열식 연소산화장치(RTO)에서 생성된 폐열을 상변환물질을 이용한 회수/저장 및 열 공급 시스템 기술 개발의 일환으로 고온 PCM 충전 용기의 재질 선정을 위한 부식 여부 확인 실험을 진행하였다. 고온 PCM은 다양한 물질을 대상으로 운전온도 범위와 위험성을 고려하여 KOH와 NaOH를 선정하였고, 설비용 재질은 스테인리스, 탄소강, 알루미늄으로 선정하였다. 부식 실험은 반응기 운전온도를 400°C로 제어한 상태에서 100 hr, 200 hr, 300 hr동안 시편을 거치하여 부식 특성 실험을 진행하였고, DSC, TGA, 그리고 SEM 분석을 통해서 고온 PCM의 상변환 특성과 시편의 중량 변화, 표면 변화를 통해 부식 특성을 확인하였다.

Key words 축열식 연소산화장치, 열에너지 회수/저장, 상변환물질, 부식

사사

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 연구결과입니다. (No.20017234)

지능정보 기반 플랫폼 개발을 위한 스마트 플랜트 사례 분석

조병학, 김석순, 권휘웅
한국가스공사 가스연구원

A case study of Smart plant for Platform development of Intelligent information

Byoungihak Cho, Seogsoon Kim, Hweeung Kwon
KOGAS Research Institute

요 약

4차 산업혁명 시대 진입에 따라 일반 기업 체계 뿐 아니라 플랜트 산업에서도 지능정보 기술에 기반한 스마트 플랜트 운영 기술 개발이 가속화 되고 있다. 이러한 개발과 관련 여러 선진사에서는 포괄적 대응 전략을 마련하고 우리나라에서도 전력 기술로드맵으로서 스마트공장에 대해 제시된 바 있다. 또한 대규모 설비 또는 부품 공급사에서는 개별적 플랫폼을 개발하여 적용하고 있다, 표준화 기구과 같은 국제규격에서도 이의 활동이 활발히 이루어지고 있으며, 이에 따른 시장규모는 매년 9~10% 수준으로 증가 추세에 있다.

한편 가스공사에서는 국가연구과제인 LNG플랜트사업단에서 2008년부터 시작하여 KSMR (Korean Single Mixed Refrigerant)이라는 새로운 천연가스 액화공정을 개발하였고, 그 공정에 대한 Test-bed를 한국가스공사 인천생산기지에 건설하였다. 또한, 기존의 대표적 천연가스 액화공정인 C3MR을 Train-1으로 Test-bed에 건설하여, 2014년도에 일 100 톤 생산 시험운전 검증을 완료하였다. KSMR 공정은 Train-2로 설계 및 건설하여 2020년도에 일 100 톤 생산 시험운전 검증을 완료하였다, 현재는 테스트베드라는 특징을 활용한 지능정보 기반의 운영 및 유지보수 기술개발을 국가프로젝트로서 진행하고 있다. 자동차와 같은 제조 플랜트 대비 가스플랜트는 연속 운전이 요구되기에 일부 설비 내지 공정의 경우 이중화 내지 그 이상으로 구성된다.

4차 산업 기반의 스마트플랜트에서는 강화된 모니터링 체계가 가능하기에 본 연구에서는 이러한 모니터링 체계에 대한 플랜트, 현장, 공정의 3가지 유형으로 분류하여 조사를 실시하였다. 플랜트 단위에서는 투입자원 대비 운전 및 설비 종합 효율 등 성과지표 모니터링 체계가 가능할 것으로 분석된다. 플랜트 현장 인력 배치와 관련, 운전 점검 및 유지보수가 발생하며 작업의 유형에 따라 위험작업이 있을 수 있으며, 이의 개발 사례 분석을 통해 직관적 수준의 현장 안전관리 모니터링 체계 개발이 가능할 것으로 분석된다. 공정 운전에 있어서는 운전자료 분석을 통해 정상 운전 범위를 벗어날 경우 경보가 발생하는 모니터링 체계 대비 안정적 운전을 위한 예측경보로서 유의구간이 제시되는 공정 모니터링 체계개발이 가능할 것으로 분석된다.

스마트 플랜트 구축을 위한 지능형 설비관리 검토

조병학, 김석순, 차규상
한국가스공사 가스연구원

A review of Intelligent facility management for Smart plant

Byounghak Cho, Seogsoon Kim, Kyusang Cha
KOGAS Research Institute

요 약

설비 또는 플랜트는 설계 및 디자인, 생산 및 건설, 설치, 운영 및 유지보수, 폐기의 단계로 나뉘질 수 있다. EPC에서의 설비 체계 대비 플랜트 운영의 설비 체계는 상호 목적이 다르기에 다르게 구성 운영된다. 지능형 설비 관리로서 스마트 플랜트의 구축에서는 플랜트 설비, 운전자료, 정비자료 등이 개별적 체계의 운영에서 상호 연계되는 체계로 구축되어야 한다고 제시되어 있다. 이러한 개별적 체계의 주요 기준에는 EPC는 정비자료가 요구되지 않으며, 운영에서는 운전 파트와 유지보수 파트가 있기 때문이다. 초기를 지난 안정적 운영 대비 10년 이상의 장기운영 관점에서 설계, 구축 경험의 숙련자의 지속적 감소와 더불어 장치 노후화에 따른 고장 발생 빈도 상승이 예상되고 시간기준정비(time base maintenance)에 병행하여 상태기준정비(condition base maintenance)가 요구되며, 또한 주요설비 단위 내지 특정 부품 단위의 점검이 이루어진다. 한편, 상태기준정비의 경우 통상 제어실(CR; Control room)에서 정보가 발생하거나 운전데이터가 불안한 변위가 나타나는 경우 정비 요구가 있으나 이는 숙련자 경험의 의존성이 일부 존재한다. 현행 안정적 유지보수로 복합적 설비의 경우 장치 제작사가 연계된 정비체계가 있고, 단순 정비의 경우 전기, 계장, 기계, 회전기기류 등 전문가에 의해 수행된다.

단위 기기의 경우 고장 원인 및 대처방안에 대한 정보가 공개되어 있다. 압력계의 경우 높은 고장 빈도를 보이는 곳에는 잘못된 상태에 따른 잠재적 손실요소 대비 최신의 압력계 설치로부터 비용 절감이 검토될 수 있다. 일부 회전기기류의 경우 고장 원인과 빈도가 제시되어 있으며, 예상원인 대비 점검 우선순위가 제시된 것도 있다. 일반적으로 복합 설비의 경우 설비 구성 및 위험성 평가 자료가 존재하며 이를 바탕으로 세부적인 단위 기기별 데이터베이스로 구성이 가능할 것으로 파악된다.

협력 체계로 개발 장치 내지 설비 제조 회사는 기존 공급된 부품의 모델 내지 사양 대비 제공된 장비가 어느 플랜트에 공급되었는지 파악해야 유지보수 관리가 가능할 것으로 예상된다. 상대적으로 플랜트 보유 내지 운영 회사에서는 개별 설비 및 부품이 어느 제조 회사에서 공급된 것인지 파악하고, 해당 설비 내지 부품에 대한 형식 및 사양과 더불어 운전 조건 및 실 운전 내용의 제시되어야 한다.

본 연구에서는 건설단계에서 구축된 설비정보(장치 형식 및 사양, 제작사, 공급사 포함, 운전조건)를 바탕으로 운전 데이터 및 정비 이력을 데이터베이스로 구축하여 신뢰도 분석을 통한 지능형 설비관리 체계로의 전환이 가능함을 제시하고자 한다.

도너 & 어셉터 방식의 트레일러형 수소 충전시스템 개발

임경민, 장덕호, 김명준*
범한산업(주), *연세대학교

Development of Donor and Acceptor Trailer Type Hydrogen Filling System

Kyungmin Lim, Deokho Jang, Myungjun Kim*
*Bumhan Industries Co.,LTD., *Yonsei University*

요 약

범한산업은 개질형 On-site 방식 수소충전소의 주요 요소인 개질기, PSA(Pressure Swing Adsorption), 고압 수소압축기, 수소저장용기, 수소 디스펜서의 품목 중 고압 개질반응기, 수소압축기, 디스펜서를 주요 개발 부품으로 선정하여 연세대학교와 함께 공동 개발 중이다. 1차 목표는 군수 분야의 연료전지 잠수함용 수소 충전 시스템을 개발하는 것이다. 개발 중인 시스템은 기존에 설치된 수소 충전시설이 사용할 수 없는 상황에 대비하여 장소에 구애받지 않고 수소 충전이 가능하도록 이동성을 갖춘 것이 특징이다. 또한, 수소 생산을 위한 연료로 천연가스(Natural Gas)뿐만 아니라 액화석유가스(Liquefied Petroleum Gas)도 사용이 가능하다. 수소생산 시스템은 도너(Donor)와 어셉터(Acceptor)로 구성되어있다. 수소 생산을 담당하는 도너(Donor) 트레일러는 수소 생산량 150Nm³/h 이상의 용량으로 개발하고 있으며, 개질 효율은 LHV(Low Heating Value)기준으로 70%이상의 효율을 목표로 개발하고 있다. 수소 순도는 PEMFC(Proton Exchange Membrane Fuel Cell)에 사용가능한 농도인 CO농도 1ppm이하, 순도 99.999%이상의 수소품질을 만족하는 시스템을 개발하고 있다. 수소 압축 및 저장을 담당하는 어셉터(Acceptor) 트레일러는 압축기, 저장용기, 디스펜서로 구성된다. 수소 압축기는 압축용량 150Nm³/h이상, 최대압축압력 70MPa이상을 만족하는 성능을 목표로 개발 중에 있다. 수소 저장부는 저장압력 70MPa±5%성능을 만족하는 시스템을 개발 중이다. 본 시스템을 개발함으로써 개질형 수소 공급기술의 원천기술을 확보할 수 있으며, 군수 분야뿐만 아니라 민수 분야에도 활용 할 수 있을 것으로 기대한다.

사사의 글

본 연구는 민군협력진흥원의 민군겸용기술(과제번호: 16-CM-EN-03, 협약번호: UM19313RD3)의 일환으로 진행되었습니다.

커피찌꺼기를 활용한 하이브리드 보조연료 및 수소연구

한종일, 박성수, 신상봉, 이진우, 서정수

한국가스기술공사 신에너지연구원 에너지연구소

Hybrids Auxiliary Fuel Research Using Waste Coffee Sludge

HAN JONG IL1*, PARK SUNG SU2**, SHIN SUNG BONG2 ***, LEE JIN

WOO4****, SE JEONG SOO5*****

KOGAS-TECH New Energy Center

요약

신·재생에너지 공급의무화제도(RPS)의 도입으로 발전사업자가 500MW이상의 발전 가능 설비를 보유한 경우, 총 발전량의 일부를 신·재생에너지를 이용하여 공급하여야 한다. 그 비율이 2015년도 약 5%에서 2040년 이후에는 17%까지 증가할 전망이다. 폐자원(음식물, 하수, 축분, 커피슬러지)등을 혼합(mix) 이용한 신재생 에너지의 개발은 폐자원을 처리할 경우 발생할 수 있는 환경문제를 최소화할 수 있다. 동시에 신에너지로 생산할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 동시에 환경오염을 줄이고, 탄소중립시대 소중한 에너지원(수소등)으로 활용 것으로 보여진다.

이러한 이유로 신에너지를 확보와 자원에너지원 고부가치있는 큰 비율을 차지하는 것이 바로 에너지생산이다. 본 연구에서는 폐바이오 부산물등 원료로 수소, 고형원료 등 동시에 생산하기 기본 연구개발을 수행하였다. 수열반응기내부에서 생산된 Bio-Char가 생산 가스인 BOG(Biochar Oven Gas)와 Bio-Char를 생산하고자 한다. 공정에서 온도별, 원료별로 나누어 생산 가스의 조성을 확인하였으며 온도가 높고 반응로 내 Bio-Char의 양이 많을수록 BOG 내 수소의 함량이 증가함을 확인하였다.

결과적으로 커피찌꺼기 원료로 한 BOG는 50% 수소를 포함하고 있었으며 생산된 Bio-Char표면에 형성된 고형구조물을 확인하였다.

수소 충전소용 Block type TPRD 2종 설계에 관한 연구

이행선, 정우석, 김영우, 이동건, 박희원, 김현수, 이치우*
디케이락(주), *경상국립대학교 자동차공학과

A Study on Design of Block type TPRD for Hydrogen Station System

**Hang Sun Lee, Woo Seok Jung, Young Woo Kim, Dong Gun Lee,
Hee won Park, Hyoun Soo Kim, Chi Woo Lee***
*DK-Lok Corporation, *Gyeongsang National University*

요 약

2,000년대에 들어오면서 기후 변화 및 온실 가스에 대한 지구 온난화 문제, 미세먼지 대책 등이 전 세계적으로 대두되면서 국제적인 환경회의 및 기후 변화 협약에 의해 화석에너지 사용이 규제되고 있습니다. 또한, 이산화탄소 및 대기오염 물질이 배출되지 않는 무공해 친환경 자동차에 대한 요구가 증가하면서, 자동차 연료를 천연가스, 전기, 클린 디젤, 수소연료전지와 같은 친환경 에너지로 대체하려는 연구 개발이 활발히 추진되고 있습니다.

본 연구에서 개발하고자 하는 제품은 수소충전소 압축가스설비용 Block type TPRD(Thermally Activated Pressure Relief Device) 2종으로 용·복합, 패키지형 및 이동식 자동차충전소 시설기준 등에 관한 특례기준(시행 2018년 10월, 산업통상자원부 고시)에 따라 압축가스 설비 길이방향으로 1.65m 당 1개씩 설치하도록 규제되어 있습니다. 기존에 사용하고 있는 열 작동식 안전밸브는 유리로 된 Bulb 내에 특수 액체를 넣어 설정된 온도에서 Bulb가 깨져 밸브가 작동하는 방식으로 전량 수입에 의존하고 있습니다. 당사는 선행 연구 개발로 Bulb type이 아닌 Fuse Type 수소 연료 전지 자동차 연료저장용기용 TPRD개발을 완료하였으며, 한국가스안전공사, EC79 인증을 획득하였습니다. 이번 연구에서는 기존 차량용으로 개발된 Fuse type 온도감응형 TPRD를 수소충전소 압축가스 설비에 적용 가능하도록 설계하였으며, 구조해석 및 유동해석을 통해 설계 검증을 진행하였습니다. 또한, 시제품 제작을 통해 성능평가를 진행하여 기존 제품의 성능조건을 만족하는지 확인하고자 합니다.

사사의 글: 본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 자동차산업핵심기술개발사업(과제 번호: 20006921)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

수소 연료전지 자동차용 Automatic Valve 설계에 관한 연구

김영우, 정우석, 이동건, 이행선, 박희원, 김현수, 이치우*
디케이락(주), *경상국립대학교 자동차공학과

A Study on Design of Check Valve for Hydrogen Fueled Cell Vehicle

Young Woo Kim, Woo Seok Jung, Dong Gun Lee, Hang Sun Lee, Hee won Park,
Hyoun Soo Kim, Chi Woo Lee*
DK-Lok Corporation, *Gyeongsang National University

요 약

본 연구에서 개발하고자 하는 제품은 수소 연료전지 자동차의 연료 저장 시스템용 HTV(High pressure Tank Valve)에 구성품인 초고압용 Automatic Valve입니다. 수소 연료 전지 자동차에서 사용되는 초고압용 HTV는 700bar 수준의 고압 수소를 저장하고 압력을 조절하는 장치로써, 구성품으로는 솔레노이드 밸브, 매뉴얼 밸브, TPRD, 체크밸브, 블리드 밸브, 자동 밸브 등 다양한 부품으로 구성되어 있습니다. 온실가스 증가로 인한 지구온난화 문제, 미세먼지로 인한 세계 각국의 배출 가스 규제 등으로 신재생에너지 개발 수요가 증가하고 있으며, 세계 각국의 정부들은 각종 정책을 통해 친환경자동차의 보급을 확대하고 있습니다. 현재 친환경자동차는 전기자동차와 수소 연료전지 자동차로 크게 발전하고 있고, 수소 연료전지 자동차의 개발을 위해 2001년 탄소복합 소재로 만들어진 용기를 이용한 350bar 압력으로 압축 저장하는 시스템을 최초로 개발하였습니다. 이후 전기 자동차와 경쟁을 위해 주행거리를 늘리기 위한 700bar 압력으로 수소를 압축하여 저장하는 시스템 개발이 이루어지고 있습니다. 이번 연구에서는 당사에서 개발하여 설계한 수소 연료전지 자동차용 Automatic Valve의 설계안을 구조해석 및 유동해석을 통해 설계 검증을 진행하였고, 실제 700bar급 Automatic Valve 시제품 제작 및 성능평가를 진행하여, 개발하고자 했던 700bar급 Automatic Valve의 기밀성능 및 작동 성능이 제대로 발휘하는 지를 확인하였습니다. 또한 자동차의 실제 운행 온도 조건에서의 초고압 환경 안전성을 환경 챔버를 이용하여 연구 분석하였습니다.

사사의 글: 본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 자동차산업핵심기술개발사업(과제 번호: 20006921)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

수소 연료전지 차량 충전라인에서의 압력 강하 분석

서호민, 박병흥*

한국교통대학교 화공생물공학전공

Analysis of pressure drop in refueling line to hydrogen fuel cell vehicle

Hyo Min Seo, Byung Heung Park*

Department of Chemical and Biological Engineering, Korea National University of Transportation

**b.h.park@ut.ac.kr*

요 약

2022년 수소경제 육성 및 수소 안전에 관한 법률이 시행되면서 정부 및 기업에서는 시대 흐름에 맞추어 다양한 수소 산업과 관련된 연구를 진행하고 있다. 수소경제의 많은 부분은 연료전지 차량의 활성화에 초점을 두고 있다.

수소연료전지자동차는 화석연료를 연소시켜 구동 에너지를 얻는 기존 내연기관 자동차와 달리 수소를 원료로 전기를 발생시키고 이를 이용하여 차량을 구동시킨다. 이러한 수소연료전지자동차는 충전소에서의 공급압력과 차량 내 저장 탱크의 압력 차이에 의하여 유체가 흐르는 현상을 이용하여 충전된다. 이때, 충전 라인에서 발생하는 압력 강하는 충전 효율에 중요한 영향을 미치기 때문에 이에 대한 분석은 수소 충전 모사 및 새로운 충전 프로토콜 개발에 필수적인 내용이다.

본 연구에서는 수소 연료 전지 차량 충전 과정에서 전체 충전라인 중 압력 강하에 영향을 주는 호스, 노즐/리셉터클, 파이프, 밸브에 대한 압력 강하를 분석하였다. 호스 및 파이프는 도관으로, 노즐/리셉터클은 흐름 노즐로, 밸브는 기체 유량으로 계산하였다. 다양한 온도, 압력 충전 조건을 기준으로 충전라인에서 발생하는 압력 강하를 비교한 결과 전체 충전라인에 가장 큰 영향을 주는 요소는 밸브에서의 압력 강하임이 밝혀졌다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (과제번호: 21OHTI-C163280-01)

수소 충전소 모사를 위한 수소 열역학적 물성 상관 관계식 개발

서호민, 박병흥*

한국교통대학교 화공생물공학전공

Development of correlation equations for thermodynamic properties of hydrogen applicable to hydrogen refueling station simulation

Hyo Min Seo, Byung Heung Park*

Department of Chemical and Biological Engineering, Korea National University of Transportation

*b.h.park@ut.ac.kr

요 약

화석연료의 무분별한 사용으로 인한 환경오염이 사회적 문제로 대두되면서 친환경 에너지원인 수소에너지에 대한 관심이 높아지고 있다. 수소를 에너지원으로 활용하기 위해서는 수소연료전지 차량에 수소를 공급할 수 있는 수소충전소 확대가 필수적이다. 최근에는, 압축 수소충전소 이외에 액체 수소 충전소 구축이 시도되고 있어 수소충전소 모사를 위해서는 정확한 수소 물성의 계산이 필요하다.

수소 분자는 원자핵 스핀의 배향 차이에 의해 오르소 수소와 파라 수소로 구분할 수 있는데, 오르소 수소는 두 원자가 평행의 스핀을 갖고, 파라 수소의 경우에는 스핀 방향이 서로 반대이다. 표준상태에서는 오르소 수소와 파라 수소의 비율이 3:1로 이루어지는 데 이를 노르말 수소라고 부른다. 고압 기체 수소의 경우 노르말 수소가 사용되지만 액체 수소의 경우 파라-오르소 전환이 동반되기 때문에 이러한 이성질체 수소의 물성이 각각 요구된다.

본 연구에서는 수소연료전지 차량 충전 시 온도 및 압력에 따른 수소 물성값을 정확히 계산하기 위하여 수소 분자를 오르소 수소, 노르말 수소, 파라 수소로 분류하여 각 수소에 대한 물성값을 문헌 데이터로부터 추출하였다. $20\text{ K} < T < 233\text{ K}$ 와 $0.1\text{ MPa} < P < 100.1\text{ MPa}$ 의 온도, 압력 범위에서 온도와 압력에 대한 상관 관계식을 제안하여 다양한 수소 물성을 동일한 수식을 활용하여 계산할 수 있도록 제안하였다. 수식에서 필요한 계수는 머신러닝 방법을 이용하여 구하였으며 방정식은 각 물성에 대하여 훈련, 테스트 및 검증하여 만족할만한 정확도를 구현하였다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (과제번호: 21OHTI-C163280-01)

전산유체 모사를 이용한 수소탱크 충전에 따른 열유동 분석

심규석, 서호민, 박병홍
한국교통대학교 화공생물공학전공

Thermo-flow Analysis with Refueling Method to Hydrogen Tank Using Computational Fluid Simulation

Gyu Seok Shim, Hyo Min Seo, Byung Heung Park*

Department of Chemical and Biological Engineering, Korea National University of Transportation

**b.h.park@ut.ac.kr*

요 약

한국은 2020년 공표한 ‘수소법’을 세계 최초로 시행함으로써 전 세계의 미래 수소 산업을 선도하기 위해 박차를 가하고 있다. 이 중심에 있는 수소는 높은 에너지 효율, 탈탄소화 등 화석연료를 대체할 미래에너지로써 주목받고 있고, 수소전기차를 중심으로 열차, 선박 등 모든 수송 분야에 활용될 수 있으며, 깨끗하고 안전한 청정사회 진입을 촉진하는데 큰 기여를 할 것이다. 현재 수소전기차 충전 시 고압의 수소 가스를 이용하여 충전하게 되는데, 이 과정에서 화물차, 버스, 승용차 등 차량에 있는 수소 저장 탱크는 내부의 압력이 증가함에 따라 온도가 상승하게 된다. 온도 상승 시 과열 한계 범위를 넘어갈 가능성이 있고, 이로 인한 탱크의 파손이 일어날 수 있다. 본 연구에서는 CFD model을 통해 안전하고 빠른 충전을 위한 수소 충전 프로토콜인 SAE J2601에 있는 통신 방식과 비통신 방식을 시뮬레이션하여 탱크 내부의 온도와 충전률, 가스의 유동 등을 비교, 분석하였다. 버스에 사용되는 수소 저장 탱크(~7kg)를 전산모사 하였으며, k- ϵ 난류 모델을 선택하였다. 계산 결과 통신 방식의 탱크 내부에 최대온도와 평균온도 차이는 비통신 방식에 비해 더 적었고(1~2°C), 충전률(SOC)의 경우 통신 방식이 더 많이 충전되었으며, 유동 흐름을 통하여 충전 진행에 문제가 없는지 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (과제번호: 20203010040010)

가스 모델 및 난류 모델에 따른 수소 충전 탱크 내 유동 비교

임가희, 서호민, 박병흥*
한국교통대학교 화공생물공학전공

Comparison of Flow in Hydrogen Refueling Tank by Gas Model and Turbulence Model

Ga Hee Lim, Hyo Min Seo, Byung Heung Park*
*Department of Chemical and Biological Engineering, Korea National University of
Transportation*
**b.h.park@ut.ac.kr*

요 약

환경 오염물질의 지속적인 배출과 온실가스의 농도 증가의 원인으로, 화석연료 기반의 에너지를 다른 에너지원으로 대체하려는 모색이 요구되고 있다. 이와 관련하여 수소 에너지원은 에너지 효율이 높고 온실가스가 배출이 없다는 점에서 친환경 에너지로서, 미래의 핵심적인 대체 에너지원으로 거론되고 있다. 수소는 생산, 저장, 운반과 같은 기술을 통해 비로소 에너지원으로 활용될 수 있으며, 충전 과정 시 수소 유동 해석은 수소 탱크의 안전성 분석을 위해 필수적으로 요구된다. 본 연구에서는 수소 저장 탱크를 대상으로 수소의 거동과 온도 분포 등 내부 변화를 다양한 상태방정식 모델과 난류 모델에서 비교 분석하고, 결과를 바탕으로 적합한 모델을 선정하였다. 탱크 내부 유동 해석은 난류 및 비정상 상태의 유동 해석으로 진행하였으며, COMSOL Multiphysics으로 수행하였다. 가스 모델을 결정하기 위해 Peng-Robinson(PR) 모델과 Soave-Redlich-Kwong(SRK) 모델을 비교 분석하고, 난류 모델을 결정하기 위해서는 $k-\epsilon$ 모델, Realizable $k-\epsilon$ 모델, $k-\omega$ 모델을 비교하였다. 이후 문헌의 실험 결과와 비교를 통해 검증이 이루어졌다. 계산된 결과, 실험값의 평균온도와 비교하였을 때 PR 모델에서는 $k-\epsilon$ 모델이 0.455로 작은 차이를 보였으며, SRK 모델에서 또한 $k-\epsilon$ 모델이 0.444로 작은 차이를 보였다. 따라서 적절한 수소 상태방정식으로는 SRK 모델이, 난류 모델로는 $k-\epsilon$ 모델이 가장 적합함을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (과제번호: 20227310100060)

Ni 촉매를 활용한 바이오가스 수증기 개질 특성

위수빈, 김환, 황상연, 송형운

고등기술연구원, 17180 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로 51번길 175-28

Characterization of Biogas Steam Reforming on Nickel Catalyst

Subeen Wi, Hwan Kim, Sangyeon Hwang, Hyoungwon Song

Institute for Advanced Engineering, 175-28, Goan-ro 51 beon-gil, Baegam-myeon, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17180, KOREA

요 약

신재생에너지로 사용되는 수소에너지 생산을 위해 많은 연구가 진행되고 있으며, 바이오가스를 활용한 수소 개질 연구가 수행되고 있다. 촉매를 활용한 바이오가스 개질 연구는 촉매를 활용한 건식 개질, 수증기 개질 연구가 진행되고 있다. 촉매를 활용한 건식 개질 연구의 경우 탄소 침적 및 촉매의 내구성 저하에 관련된 문제점이 있어, 스팀을 활용한 바이오가스의 수증기 개질 연구가 필요하다. 바이오가스를 활용한 수증기 개질 반응은 촉매 개질이 수행될 때 수증기 양이 많아지면 촉매가 뭉치거나, 카본과 수증기가 뭉쳐서 촉매 사이의 공극에 침적되어 개질 성능을 저하시킬 수 있다. 본 연구에서는 초기 촉매 활성이 우수하여 상업적으로 많이 사용되고 경제성이 좋은 Ni 촉매를 활용하여 바이오가스 모사가스(CH₄:CO₂=6:4)를 수증기 개질하였고, 촉매 침적 효과 최소화 및 수소를 생산하는 개질 반응의 성능을 평가하고자 한다. 다양한 공간속도 및 S/C ratio(steam to CH₄ ratio) 조건에서 수증기 개질 실험을 진행하여 개질 성능을 비교하였다. Ni 촉매는 pellet 형태의 촉매인 Hydrogen R-70을 사용했으며, GHSV 6000~10000 h⁻¹, S/C 2.0~3.5에서 개질 성능을 평가했다. GHSV 6000, 8000 h⁻¹에서는 메탄 전환율이 95% 이상을 나타냈으며, S/C이 작을수록 이산화탄소 전환율이 증가하는 경향을 나타냈고, 바이오가스 대비 수소 수율은 S/C이 클수록 증가하는 경향을 보였다.

Keywords: 바이오가스, 수소 생산, 수증기 개질, 촉매 개질, 촉매 성능 평가

사사

“본 결과물은 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술 기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지 혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(421045-03)”

수소추출기 Tail gas CO₂에 대한 LNG 냉열활용 직접액화 방법의 경제성 검토

소영석, 우경택, 김봉규, 차규상, 이치훈

한국가스공사 가스연구원

요 약

지구 온난화가 점차 가속화됨에 따라 세계 각국에서 탄소중립을 선언하였고, 이산화탄소 배출감소 및 수소에너지 활용 등 노력을 기울이고 있다. 장기적으로는 재생 에너지를 사용한 그린수소가 각광을 받겠지만, 안정된 기술 확보 전까지 화석에너지로부터 수소를 생산하는 개질 수소 제조법이 활용될 것으로 예상된다. 개질 수소 생산에도 이산화탄소가 발생되기 때문에 이산화탄소 포집 및 액화 등의 처리를 동시에 진행하여 블루수소로 생산하는 노력이 필수적으로 진행되고 있다. 수소추출기에서 배가스 CO₂를 포집하여 L-CO₂를 제조할 경우 포집 및 액화 공정운영비 많이 발생될 수 있다. 1차 PSA에서 수소를 추출하고 잔여가스(tail gas)를 버너에 바로 태우면 tail gas에서 높은 단가 수소를 연소하는 것이 비효율적으로 활용된다고 판단할 수 도 있다. LNG 냉열을 활용하여 잔여가스의 CO₂를 직접 액화하면 CO₂ 분리 후 수소 추가 생산의 이점이 있을 것으로 판단된다. 상기 공정에 대한 효율성을 알아보하고자 Tail gas CO₂를 심냉법으로 분리, 액화하는 공정을 설계하고 시스템 운전 소모전력을 활용한 운영비용에 대한 예비 경제성을 검토했다. 공정구성은 CO₂ 분리효율을 높이기 위한 압축설비, 심냉법 시 공정의 결빙현상을 방지하기 위한 액화 전 단계 수분제거 공정, Distillation column을 이용한 CO₂ 액화분리시스템으로 구성하였다. Tail gas에서 LNG냉열을 활용한 심냉법으로 회수율 60%이상, 농도 99.99%에 대한 시뮬레이션 결과 연간 에너지 사용량은 약 5,700,000kWh/yr로 kWh당 105원으로 환산하면 약 6억의 에너지 비용이 든다. 포집된 CO₂의 배출권을 환산하여 약 5.8억을 상쇄시키고 전반적인 경제적 환산액은 약 -300,00천원/yr이다. Tail gas에서 배출되는 CO₂는 전체 배출량의 50~60%까지만 차지하기 때문에 블루수소 측면에서는 비효율적이다. CO₂ 액화공정 운영비의 대부분은 운전압력조절에 따른 전력 사용비용이며, 일정함량의 CO₂를 액화하기 위해 고압의 승압이 필요하다. 따라서 전체 배출량의 50~60%만 회수하고, 운영비용이 많은 tail gas에서의 직접액화 방법보다는 시스템 운전의 안정성과 포집 및 액화 운영비용 측면에서 배출가스에서 CO₂ 포집 및 액화의 공정을 구축하는 것이 유리할 것으로 판단된다. 추후 배출가스에서 적정 포집공정 및 액화 공정을 구축한 후 상기방법과 비교검토를 하고자 한다.

플라즈마 촉매 하이브리드 개질 반응기 특성

이동규, 송형운, 황상연, 김형래

고등기술연구원, 17180 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로 51번길 175-28

Characteristics of Plasma and Catalyst Hybrid Reforming Reactor

Dongkyu Lee, Hyoungwoon Song, Sangyeon Hwang, Hyengrae Kim

Institute for Advanced Engineering, 175-28, Goan-ro 51 beon-gil, Baegam-myeon, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17180, KOREA

요 약

전 세계적으로 환경 오염 문제 해결을 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 그 중 화석연료 사용의 최소화 방안으로 대체에너지 사용에 대한 관심이 급격히 증가하고 있다. 그 중 음식물쓰레기나 가축분뇨 등 환경 문제로 처리가 어려워진 유기성 폐기물을 활용한 바이오가스는 화석연료를 대체할 수 있는 좋은 현실적인 대안이다. 이로 인해 바이오가스 개질을 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 하지만 바이오가스 건·습식 개질 반응은 강한 흡열 반응이므로 반응 열적 조건을 맞춰주기 위해 추가적인 열원 공급이 필요하며, 바이오가스 개질 반응에서 CO₂는 활용되지 못하는 경우가 많아 CO₂ 포집 공정을 추가해야하는 한계가 있다. 본 연구에서는 바이오가스 모사가스(CH₄:CO₂=6:4)를 통해 수소를 생산하기 위한 플라즈마와 촉매 개질을 하이브리드로 진행하였다. 촉매 반응 온도를 맞추주고, 바이오가스 내의 CO₂ 전환율을 높이기 위해 3상 글라이딩 아크 플라즈마를 제작하여 사용하였으며, 최대 5KV, 600mA 급용량의 AC 전원 공급 장치를 사용하여 플라즈마에 전력을 공급하였다. 플라즈마와 촉매 개질을 하이브리드로 진행했을 때의 최적의 조건을 찾기 위해 S/C ratio 2~3의 범위 안에서 가스조성을 분석하여 전환율, 수율 등을 비교해보았다. 플라즈마와 촉매 하이브리드 바이오가스 개질 장치에서는 주입가스의 총 유량 12.6L/m, S/C ratio 2.5, 전력 1.2kW 일 때, 메탄 전환율, 수소 수율은 98.74%, 63.01% 의 결과를 보였다.

Keywords : 바이오가스, 플라즈마 개질, 촉매 개질, 수소 생산

사사

“본 결과물은 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 연구되었음. (20213030040070)”

바이오가스 직접개질을 통한 그린수소 생산 공정 모델링 및 수소생산 최적화 연구

홍기훈, 황상연, 송형운

고등기술연구원, 17180 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로 51번길 175-28

Studies of green hydrogen production process modeling and optimization through direct reforming of biogas

Gi Hoon Hong, Sangyeon Hwang, Hyoungwoon Song

Institute for Advanced Engineering, 175-28, Goan-ro 51 beon-gil, Baegam-myeon, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17180, KOREA

요 약

최근 가파르게 증가하는 온실가스 배출을 완화하고자 COP21 및 COP25 등 국제환경협약에 의해 2030년 온실가스 배출 전망치(BAU, Business as usual) 대비 37%의 온실가스 배출 저감 목표가 설정되었으며, 이를 달성하기 위한 탄소중립적 에너지생산 기술이 대두되고 있다. 이에 탄소배출과 지역적 편재성에서 비교적 자유로운 에너지원인 바이오가스를 이용하여 수소를 생산하는 방식의 그린수소에 대한 관심이 높아지며 생산기술 개발이 요구되고 있다.

보통 바이오가스를 통한 그린수소 생산의 경우 바이오가스에 함유된 이산화탄소 및 기타 불순물들을 제거하는 고질화 과정을 거쳐 메탄의 순도를 높인 바이오메탄으로 정제한 후 개질(Reforming) 공정을 통해 생산하고 있으나, 본 연구에서는 바이오가스의 고질화 및 전처리 공정의 공간적, 경제적 이유로 바이오가스를 직접 활용하여 그린수소를 생산하는 50 Nm³/h급 바이오가스 직접개질을 통한 그린수소 생산 공정을 모델링하고 수소 생산 최적화를 진행하였다.

keyword: 바이오가스 직접개질, 탄소중립, 그린수소, 공정 모델링

고속 오존 산화 및 중화반응 습식 전기집진 장치에서의 복합대기오염 물질 처리 특성연구

홍기훈, 전동환, 엄성현

고등기술연구원, 17180 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로 51번길 175-28

Studied on the treatment characteristics of complex air pollutants in a advanced oxidation and neutralization unit including wet electrostatic precipitator

Gi Hoon Hong, Dong-Hwan Jeon, Sunghyun Uhm

Institute for Advanced Engineering, 175-28, Goan-ro 51 beon-gil, Baegam-myeon, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17180, KOREA

요 약

산업의 고도화가 진행되면서 공정 부산물로 복합적인 오염물질이 발생하며 이를 처리하기 위해 오염물질 배출규제가 강화되고 있는 실정이다. 종래의 산업분야에서 발생하는 (초)미세먼지 및 휘발성유기화합물(VOCs, Volatile organic compounds)과 4차 산업혁명과 반도체 수요 급증에 따른 과불화화합물(PFCs, Perfluorinated compounds), NOx 및 SOx 등 대기오염 물질 처리 기술이 재조명되고 있으며, 공정의 복합적인 요소에 의해 동시에 발생하는 경우가 많아 이를 효과적으로 동시에 제거할 수 있는 후 처리 공정 적용이 필수적이다.

본 연구에서는 오존발생기 및 오존산화-중화반응 습식 전기집진장치를 연계, 구축하여 화학물질 배출량 상위 2종인 Toluene과 Xylene 및 반도체 세척용으로 사용되는 IPA(Isopropyl alcohol)를 VOCs 오염물질로 선정하고, (초)미세먼지의 모사환경에서 처리유속(10, 5, 3 CMM), 오존 유입량(O₃/NO_x = 1.0~1.5) 및 습식 전기집진기 전력량 등을 변수로 두어 복합오염물질 저감특성을 확인하고자 실증실험을 진행하였다. 오존의 유입량이 증가함에 따라 NO_x 제거효율이 증가함을 보였으나, VOCs 처리에서는 유의미한 변화가 확인되지 않았다. (초)미세먼지의 경우 20 mA 이상에서 제거효율 증가폭이 감소함을 보였다.

keyword: 복합대기오염물질, VOCs, 고속 오존산화 중화반응, 습식 전기집진

버너가 병합된 5Nm³/h급 촉매개질기의 바이오가스 개질 특성

김형래, 송형운, 황상연, 이동규

고등기술연구원, 17180 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로 51번길 175-28

Characterization of Biogas Reforming on 5Nm³/h Catalyst Reformer integrated with Burner

HyengRae Kim, Hyoungwon Song, Sangyeon Hwang, Dongkyu Lee

Institute for Advanced Engineering, 175-28, Goan-ro 51 beon-gil, Baegam-myeon, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17180, Korea

요 약

세계경제의 급속한 발전과 인구활동이 증가함에 따라 유기성 폐기물의 발생량이 증가하면서 바이오가스 발생량도 함께 증가하고 있다. 바이오가스는 CH₄(40~70%), CO₂(30~60%)로 구성된 혼합물로 최근 환경오염, 에너지 자원고갈 같은 문제 해결을 위해 유기성폐기물인 바이오가스를 활용한 수소 제조에 많은 노력이 이루어지고 있다. 현재 바이오가스를 이용한 수소 제조에는 건식개질(Dry Reforming, DR), 수성가스전환(Water Gas Shift, WGS), 선택적 산화 개질(Partial Oxidation, POX) 등이 있으며, 주로 바이오가스 수증기 개질(Steam Bio-gas Reforming, SBR)을 이용하고 있다. 이러한 수증기 개질은 강한 흡열반응이 수반되므로, 높은 열원을 필요로 한다. 이에 반응기에서 버려지는 폐열을 재활용하기 위한 장치가 추가되는 경우 전체시스템의 규모가 커지므로, 운전 및 유지비용이 증가하는 문제가 있다.

본 연구에서는 버너와 개질부의 방열손실을 최소화하기 위하여 버너를 중심으로 6개의 개질부를 60도 등 간격으로 배치하여 컴팩트한 촉매개질기를 제작하여 실험을 실시하였다. 버너가 병합된 촉매개질기에 모사 바이오가스(CH₄:CO₂ = 6:4) 5Nm³/h를 버너부와 개질부에 분배비를 변경하며 공급하여 각 부의 온도변화 및 열적 분포도와 메탄 전환율, 수소 수율 등에 대한 최적 분배 조건을 확인하였다.

Keywords: 바이오가스, 수소 생산, 수증기 개질, 건식 개질, 촉매 개질

사사

“본 결과물은 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술 기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지 혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(421045-03)”

수소 생산을 위한 합성가스내 산성가스 고순도 제거기술 개발

이승종, 윤덕규, 김혜수, 이철호, 이재영, 김미정
고등기술연구원

Development of high-purity acid gas removal technology for hydrogen production from syngas

Seung Jong Lee, Deok-Kyu Youn, Hye Soo Kim, Chul-ho Lee, Jae Young Lee, Mi Jeong Kim
Institute for Advanced Engineering

요 약

합성가스 기반 수소생산 기술은 바이오가스, 석유 코크스, 폐기물 등의 저급자원을 가스화하여 합성가스를 생산하고 이를 정제, 전환 및 분리하여 수소를 생산하는 기술이다. 가스화를 통해 생산된 합성가스에는 H₂S, COS 등과 같은 산성가스가 함유되어 있으며, 합성가스를 이용하여 안정적으로 수소를 생산하기 위해서는 이러한 산성가스를 0.1 ppm 이하로 제거하는 고순도 정제가 필요하다.

원유 정제 후 남는 부산물인 석유 코크스의 경우 국내에서 연간 100만톤 이상이 생산되며, 주로 보일러 연료로 사용되고 있다. 국내 생산되는 석유 코크스를 전량 수소를 생산하는데 이용할 경우, 2022년 국내 연간 수소 소요 예상량인 47만톤의 30%인 하루 400톤의 수소를 생산할 수 있다.

본 연구에서는 석유 코크스 가스화를 통해 수백~수천 ppm으로 발생하는 H₂S와 COS를 제거하는 기술을 개발하였다. 수백 ppm으로 발생하는 COS를 촉매를 사용하여 H₂S로 가수분해한 후, 철 킬레이트 용매를 사용하여 수천 ppm의 H₂S를 제거하였다. Lab 규모 설비에서 COS와 H₂S 제거성능을 파악한 후 30 Nm³/h 규모의 합성가스에 함유된 COS와 H₂S를 제거하기 위한 설비를 구축하여 운전 중에 있다.

사사 : 본 연구는 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)의 석유 코크스 활용 수소생산 실용화 기술개발 사업(21PCHG-C163217-01)의 지원으로 수행되었습니다.

Key Word : 석유 코크스, 합성가스, 수소 생산, 황화수소, 황화카르보닐, 산성가스

액체수소 산업기술 동향에 관한 연구

김현정, 황봄찬†, 조총희

한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study of trend for Liquid Hydrogen(LH₂) Technology

KIM HYEON JEONG, HWANG BOMCHAN†, JOE CHOONGHEE,

*Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation
1390 Wonjung-ro, Maengdong-myeon, Eumseong-gun, Chungcheongbuk-do,
Korea*

요약

정부는 2020년 10월 ‘2050 탄소중립’을 선언하고 제 1차 수소경제 이행 기본계획(’21.11)을 통해 청정수소의 자급률과 활용 등 탄소 중립을 위한 구체적인 비전을 제시함과 동시에 목표달성을 위한 연구과제가 활발히 진행되고 있다. 특히 수소의 대량운송 및 저장을 위해서는 높은 에너지밀도가 요구되는 액화수소 제조·저장·운송 기술이 대두되고 있지만, 국내의 경우 경험이 전무하여 안전성 검증기술과 기준이 미비한 실정이다.

현재 액화수소는 미국, 독일, 프랑스 등 해외선진사의 주도로 운영되고 있으며 국내의 경우 선진사와의 기술격차가 크지만 2025년 까지 다수의 액화수소 플랜트 구축을 추진 중에 있으며 또한 액화수소 이송 및 저장을 위한 탱크트레일러 상용화 및 액화수소 화물창 소재 개발 등 활용분야에서도 활발한 연구를 통해 선진사와의 기술 격차를 해소하고자 노력하고 있다.

본 연구에서는 해외선진사의 액화수소 산업동향 및 생산기술 동향에 대해 살펴보고 국내의 액화수소 정책에 대해 소개하고자 한다.

†Corresponding author : springH@kgs.or.kr

Acknowledgement : 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE) 및 한국에너지기술평가원(KETEP)의 2022년 산업기술혁신사업 지원으로 수행되었습니다.(No.20227310100090, 액화수소 핵심부품 성능검사 기술 및 안전 기준 개발)

수성가스전환 공정 적용을 위한
석유 코크스 기반 합성가스 COS 가수분해 성능평가

이철호, 윤덕규, 이재영, 이승종
고등기술연구원 플랜트공정개발센터 에너지융복합그룹

**Performance evaluation of COS hydrolysis
for water-gas shift process from petcoke-based syngas**

Chul-ho Lee, Deok-Kyu Youn, Jae-Young Lee, Seung Jong Lee
Institute for Advanced Engineering

Abstract

The interest of hydrogen is on the rise as the alternative energy carrier, instead of fossil fuel. Gasification of carbonaceous materials has more advantages of environmental and economy, comparing direct use of those. The products of gasification process which named syngas are mainly consist of carbon monoxide (CO) and hydrogen (H₂). CO in syngas could convert to H₂ from the water-gas shift (WGS) reaction. For the WGS reaction, it must be eliminated that the sulfur species exists in carbonyl sulfide (COS) and hydrogen sulfide (H₂S) forms from syngas. WGS catalysts are highly susceptible to sulfur poisoning but there is a lot of interest for fuel processing depending on the sulfur removal philosophy.

In this study, the series of desulfurization system were evaluated with petcoke-based syngas. The proposed syngas desulfurization process is consist of COS hydrolysis reactor, scrubber, H₂S absorber and adsorber. COS hydrolysis reaction was conducted with alumina-based commercial materials from company K and C. Bench scale COS hydrolysis reactor was designed by lab scale performance test results and operated with petcoke-based syngas. COS hydrolyzed to H₂S was removed by the following H₂S absorber. The developed desulfurization system had been shown stable interconnection operation characteristics of COS hydrolysis, scrubber, H₂S absorber and adsorber.

Acknowledgment

This research was supported by a grant (21PCHG-C163217-01) from "Development of Demonstration-scale Hydrogen Production Technology using Petroleum coke" Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korea government.

수소 비행체를 위한 수소공급밸브 연구

남충우, 박장훈, 이호길, 김재광*, 김용기*

한국자동차연구원, *태광후지킨

A Study on hydrogen supply valve for its air mobility

Nam chungwoo, Park janghun, Lee hokil, Kim jeakwang*, Kim yongki*

*Korea Automotive Technology Institute(Katech), *TK-FUJIKIN*

요 약

비행체의 주동력으로 배터리를 적용할 수 있으나 고가의 대용량 전지를 장착해야 하고 충전에만 수 시간이 소요되며, 특히 고지대 및 한랭지역 등의 저온환경에서는 방전으로 인해 사용에 많은 제약이 발생된다. 이에 따른 수소연료전지를 적용하면 환경제약에서 비교적 자유로우며, 충전시간이 상대적으로 짧아(10분 내외) 비행체 운영에 효과적이라고 판단된다. 무인비행체의 요구되는 Payload 증가에 따른 기술 대응이 필요하며, 따라서 무거운 배터리와 하중을 감당하려면 수소 연료전지 기술을 항공용으로 적용하는 기술개발이 이루어지고 있다. 이중 수소 연료전지의 BOP는 열관리장치, 수소공급장치, 공기공급장치로 나누어지며, 이중 수소공급장치는 수소차단, 퍼지, 수소공급 등 연료전지 요구 출력에 따라 수소 유량 및 압력조건이 변동하게 되며, 수소차단, 공급, 퍼지밸브의 모듈화 및 경량화 개발이 필요하다. 비행체가 이륙하고 짐을 운송하기 위한 출력밀도를 만조하기 위해서는 연료전지파워팩 시스템의 경량화가 필수적이다. 연료전지파워팩 시스템의 중량은 스택, 열관리부품, 수소탱크 순으로 큰 비율을 차지하고 있다.

따라서 본 연구에서는 수소차단밸브, 수소공급밸브, 수소퍼지밸브의 모듈화 및 중량 저감을 위한 수소공급밸브 assy를 제작하였으며, 기본적인 토출 유량시험 및 기밀평가, 수소공급밸브 히스테리시스 측정에 따른 성능 만족여부를 확인하였다. 따라서 향후 개선된 수소공급밸브 제작 및 개선방안 도출에 활용할 예정이다.

스팀 공급 조건에 따른 활성탄소섬유 재생 특성

권인구, 전동환
고등기술연구원

Regeneration Characteristics of Activated Carbon Fiber According to Steam Supply Conditions

Ingoo Kwon, Donghwan Jeon
Institute for Advanced Engineering

요 약

세계적인 기후변화 문제 해결의 일환으로 2050년까지 탄소 제로(Carbon-Zero) 목표 달성을 위한 국가 장기 비전과 국가전략을 제시하였으며, 본 목표 달성을 위해서는 휘발성 유기 화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs)을 기존의 처리 방식인 연소 시킬 경우 대량의 CO₂가 발생하는 문제가 있으므로 VOC 배출 사업장에서는 새로운 정책에 부합되는 설비로 개선이 필요한 상황이다. VOC의 처리기술 중 하나인 농축 및 액상회수 기술은 저농도 VOC를 고효율로 흡착시킨 후 재생과정에서 배출되는 고농도 VOC를 응축시켜 액상 VOC로 회수할 수 있는 기술이다. 그리고 본 설비의 운전 에 필요한 에너지를 신재생에너지로 공급할 경우 CO₂ 배출 없이도 VOC의 고효율 처리가 가능하다. 현재 국내에서는 활성탄소섬유 흡착필터를 적용한 VOC 액상 회수 시스템을 일본에서 전량 수입하여 사용하고 있으므로 국내 확대 보급을 위해서는 저렴한 비용으로 제작 가능한 국산화 설비 개발이 시급한 상황이다.

본 연구에는 VOC 액상회수 시스템의 국산화 기술개발의 일환으로 VOC가 흡착된 활성탄소섬유 재생을 위한 스팀 공급 장치를 구축하여 활성탄소섬유 재생 특성 연구를 수행하였다. 그리고 스팀 공급 조건에 따른 활성탄소섬유 재생실험을 통해 활성탄소섬유의 원활한 흡착성능 확보를 위한 스팀 공급 조건에 따른 재생특성을 도출하였다.

Key Words 휘발성유기화합물, 흡착, 스팀, 재생, 회수

사사

본 연구는 중소벤처기업부의 재원으로 중소기업기술정보진흥원의 지원을 받아 수행하는 연구과제입니다. (NO. RS-2022-00141809)

다기준의사결정법을 이용한 강원도 내 수소충전소 입지 분석

최교익, 박찬욱*, 박하늘*, 서장원*

강원대학교 에너지자원융합공학과, *강원대학교 에너지공학부

Suitability analysis of hydrogen station in Gangwon-do using multi-criteria decision analysis

Kyoik Choi, Chanwook Park*, Haneul Park*, Jangwon Suh*

Department of Energy and Mineral Resources Engineering, Kangwon National University,

**Division of Energy Engineering, Kangwon National University,*

요 약

본 연구에서는 다기준의사결정법(multi-criteria decision analysis, MCDA)을 이용하여 강원도 내 수소충전소의 최적 입지를 선정하였다. 수소충전소 최적 입지를 결정하는 모형은 크게 점 수요(point demand) 또는 흐름 수요(flow demand)로 추정하는지에 따라 구분된다. 본 연구에서는 사전에 정의된 거리 내에서 모든 수요를 충족하는데 필요한 최소한의 시설의 수와 위치를 결정하는 점 수요 가정 모형의 하나인 Set covering model을 기초로 연구를 진행하였다. 국내·외 문헌 조사를 통해 수소충전소 입지에 영향을 미치는 요인들을 선정하고, 이를 제한 인자(constraint factors; 입지 불가 지역 파악용)와 영향 인자(contributory factors; 최적 입지 도출용)로 분류하였다. 연구대상지역인 강원도를 대상으로 제한 인자를 고려하여 수소충전소가 설치될 수 없는 영역을 배제하였다. 이후 각 영향 인자(도로로부터의 거리, 일일통행량, 지역 내 수소 차량수, 인접 충전소까지의 거리 등)의 특성을 고려하여 퍼지 소속 함수(fuzzy membership function)와 계층분석기법(analytic hierarchy process) 결합 모델을 개발하고, 이를 각 영향 인자에 적용함으로써 강원도 내 배제 지역을 제외한 영역에 대한 수소충전소 입지 적합 지수(suitability index)를 산정하였다.

수소법 하위 농기계 트랙터용 이동형 연료전지 제품기준 개발연구

박경혜, 최재욱, 조인록, 이정운[†]
한국가스안전공사 가스안전연구원

Study on the Development of the Product Standards for Portable Fuel Cells for Tractors of Agricultural Machinery under the Hydrogen Law

Kyeong-Hye Park, Jae-Uk Choi, In-rok Cho, Jung-Woon Lee[†]
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

농기계 및 트랙터에서 주로 사용되는 디젤엔진의 에너지원인 화석연료는 연소할 때 이산화탄소 외에도 질소산화물(NOx), 미세먼지(PM) 등의 오염물질이 배출되며 주로 고부하에서 운용되어 대기오염 기여도가 높다. 이에 친환경 동력원 기반 트랙터에 대한 개발 필요성이 대두되고 있다. 수소연료전지 기반 시스템은 에너지 밀도가 높고 친환경 농작업이 가능하므로 고부하 조건에서 작업을 수행하는 대형 트랙터에는 수소연료전지 시스템 탑재가 적합하다고 판단되기 때문이다. 하지만 트랙터 안전기준이 수립되지 않은 상태이기 때문에 트랙터의 보급 활성화와 산업화에 저해될 것으로 판단된다. 이에 수소연료전지 트랙터 및 농기계 관련 안전 기준을 개발하고자 한다. 트랙터용 이동형 연료전지 관련 안전기준과 위험요소를 분석하고 안전 프로토콜을 도출하는 것이 본 연구의 목적이다.

먼저 ISO(International Organization for Standardization) 트랙터 기준과 IEC(International Electrotechnical Commission) 이동형 연료전지 안전기준 등 6건을 분석하였다. 진동 시험, 충격 및 충돌 시험, 온도 시험 등 총 10건의 안전성능 평가항목을 도출하였다. 5년간 농기계용 트랙터 사고사례를 분석하여 트랙터용 연료전지에 영향을 미칠 수 있는 IP등급, 환경, 기울임, 강도 등의 4건의 안전항목을 도출하였다. 이러한 연구를 통해 도출한 기초자료는 수소법에 따른 KGS Code 개정안 개발에 활용되어 트랙터용 수소연료전지의 안정적인 보급에 기여할 것이다.

본 연구는 2022년도 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 322047-5)

암모니아 수소추출설비 관련 기준 및 사고사례 분석

조유림, 추지안, 염지웅, 이정운*
한국가스안전공사 가스안전연구원

Analysis of Standards and accident cases related to Ammonia Hydrogen Generator

Yu-Rim Jo, Ji-An Choo, Ji-Woong Yeom, Jung-Woon Lee*
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

현재 수소공급은 부생수소와 천연가스 개질을 통해 제조되는 수소로부터 이루어지고 있다. 향후 청정수소의 비율이 높아짐에 따라 해외에서 생산된 저렴한 청정수소를 도입하기 위한 수소의 대량 운송기술에 관한 관심이 높아지고 있다. 수소의 대량 운송을 위한 수소캐리어는 액화수소, 액상 유기물, 암모니아 3종이 고려되고 있다. 그중에서 암모니아는 국제적인 수출입 및 지역 분배가 이미 활성화되어 있으며, 분해 과정에서 이산화탄소를 발생시키지 않고 상온, 상압 등 취급 가능한 온도, 압력 조건에서 액상을 유지하므로 경제적인 운송이 가능하다는 장점이 있어서 해외에서 생산된 수소의 국내이송, 저장, 수요처 공급을 위한 방법으로는 암모니아의 상용화가 가장 빠를 것으로 예상된다. 이에 본 연구에서는 수소추출설비 그리고 암모니아 관련 안전기준을 조사하고 암모니아, 수소 그리고 수소추출기 사고사례를 분석함으로써 암모니아 기반 수소추출설비기준개발 기초자료를 구축하고자 한다. 이는 암모니아 수소추출설비 안전기준 법제화를 추진하는데 활용될 수 있을 것으로 판단되며, 향후 암모니아 기반 수소추출설비 안전 보급에 이바지할 것으로 예상된다.

본 연구는 산업통상자원부 신재생에너지기술개발사업(No.20213030040550)연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

국내·외 수소 사고 사례 분석

류영돈, 김대현, 임원섭, 이재진, 양윤영
한국가스안전공사 가스안전연구원

Analysis of Domestic and Overseas Hydrogen Accidents

Youngdon Ryou, Dae Hyung Kimma, Wonsup Lim, Jaejin Lee, Yunyoung Yang
Korea Gas Safety Corporation

요 약

정부에서는 2019년 1월 수소경제 활성화 로드맵을 발표하고, 같은 해 12월 수소안전관리 종합대책을 수립하여 안전과 산업의 균형 발전을 위한 수소안전관리 4대 분야 12대 과제를 추진하고 있으며, 탄소 중립을 위한 기술 개발이 다양한 분야에서 수행 중이다.

해양에서는 선박의 온실가스 배출 규제가 지속적으로 강화되고 있어 연료를 액화 천연가스로 사용하는 선박이 증가하고 있으며, 암모니아 또는 수소를 선박의 연료로 이용하는 연구가 진행되고 있다.

선박에서 액화수소 및 기체 수소가 누출 될 때의 확산 특성 분석, 개방 및 밀폐 공간에서의 수소 누출 확산 특성을 분석하는 연구도 진행중에 있다. 또한, 다양한 시나리오에 따라 누출, 확산 및 화재 폭발에 대한 연구가 국내외에서 이뤄지고 있다.

본 논문에서는 미국, 노르웨이 등 국외에서 발생한 사고와 국내에서 발생한 사고 사례를 조사하고, 사고 원인에 대하여 알아보았다. 조사한 사고 사례는 향후 수소선박에서 수소를 사용할 때 안전관리를 위한 기초자료로 사용될 수 있을 뿐만 아니라 다양한 사고 시나리오를 개발할 때 유용할 것으로 사료된다.

이 논문은 2022년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(20200520, 수소누출예방 및 피해저감기술개발)

수소용기 화재폭발 시 폭발 압력에 대한 실험적 연구

김대현, 조재근, 류영돈

한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터 화재폭발연구부

Experimental Study of Explosion Pressure on Fire Explosion of Hydrogen Vessel

Dae Hyeon Kim, Jae Geun Jo, Young Don Ryu

*Fire Explosion Research Department, Energy Safety Empirical Research Center,
Korea Gas Safety Corp.(KGS)*

요약

수소는 탄소중립과 관련하여 각광받고 있는 친환경 연료이며, 차세대 에너지로 주목받고 있다. 따라서 수소의 안전성 확보와 사고 예방에 관한 사람들의 관심이 증가하고 있다. 국내에서는 수소충전소 구축이 빠르게 진행됨에 따라 강릉 수소탱크 폭발 사고, 노르웨이 수소충전소 사고 등이 발생하였고, 이로 인해 수소충전소 설비의 안전성 문제가 제기되고 있으며, 안전성 확보를 위한 연구가 활발히 수행될 필요가 있다.

본 연구에서는 수소용기(47 L, 12 MPa, Type 1)를 이용하여 하단부를 국부 가열하는 조건에서 화재 시험을 수행하였고, 수소 용기 화재폭발에 의한 폭발압력(예를 들면, 입사압, 반사압)을 측정하였다. 본 시험을 통해 확보한 실험 데이터를 바탕으로 거리에 따른 폭발 압력 및 경향을 확인하고, 화재폭발 위험성을 검토하였다. 본 연구 결과는 수소 화재폭발에 의한 방호벽 설계 안전성 검증 및 화재폭발 피해 영향 예측 소프트웨어 개발의 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Key words: Fire Explosion, Explosion Pressure, Hydrogen Vessel

가연성가스를 이용한 누출폭발 시 폭발압력에 측정 실험 연구

김대현

한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터

A Study on the Analysis of Leakage Explosion Pressure by Combustible Gas in an Open Space

Dae Hyeon Kim

*Fire Explosion Research Department, Energy Safety Empirical Research
Center,
Korea Gas Safety Corp.(KGS)*

요 약

가연성가스가 누출 될 경우 점화원에 의해서 폭발할 가능성을 항상 상존하고 있다. 산업시설의 밀집된 가스시설들은 누출된 가연성 가스에 의해 폭발이 발생할 경우 주변으로 환산될 수 있다. 적절한 안전거리와 방호벽은 인명·재산의 피해를 방지할 뿐만 아니라 연쇄 폭발을 지연 또는 방지할 수 있다. 방호벽은 폭발압력이 인접 시설로의 피해를 방지할 수 있는 구조설비이다.

산업현장에서 누출 폭발이 일어났을 경우에는 폭발압력은 폭발과압, 충격파, 폭풍파 등으로 표시될 수 있다. 폭발압력이 인체 및 주변 시설물에 미치는 영향을 폭발압력(Blast)을 계산할 수 있는 방법은 여러 가지가 있지만, 대표적인 TNT당량에 의한 계산방법에 따라 계산할 수 있다.

본 연구는 대표적인 가연성 가스(수소, LPG, LNG)가 개방된 공간과 방호벽 전후단에서 폭발 할 경우 폭발압력의 정도를 실증실험 결과와 계산결과를 비교하고자 한다. 실증실험은 2.4m×2.4m×1.5m(약 8.64m³ 체적)의 폴리에틸렌 비닐 텐트안에서 가연성가스의 최대 폭발 과압으로 예상되는 농도(수소(40%), LPG(5.8%), LNG(9.5%)에서 스파크 점화에 의한 폭발이 발생했을 때, 폭발압력의 전과양상을 확인 하였다. 폭발압력의 측정 위치는 일반적인 사람의 심장 높이인 1.5m 높이로 폭발텐트 중심부로부터 2.5m, 5m 거리에서 측정하였다. 방호벽 설치를 한 실험조건에서는 전·후단에서의 폭발압력을 측정하고자 하였다.

본 실험에서 측정된 데이터는 향후 누출 폭발 시 가스 별 안전거리 기준산정의 D/B 자료로 기초자료로 활용하고자 한다.

화생방 시설 가스입자여과기의 시험인증 방법 현황 연구

김대현

한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터 화재폭발연구부

A Study on the Analysis of Leakage Explosion Pressure by Combustible Gas in an Open Space

Dae Hyeon Kim

*Fire Explosion Research Department, Energy Safety Empirical Research Center,
Korea Gas Safety Corp.(KGS)*

요 약

방호란 적의 도발과 위협으로부터 인원·시설 및 장비의 피해를 방지하고 모든 기능을 정상적으로 유지할 수 있도록 보호하는 작전활동을 말한다. 화생방 방호시설은 주로 군 작전 지휘소, 정부기관 비상대피시설에 설치된 시설로 주요기능은 신경작용제, 수포작용제, 혈액작용제, 질식작용제, 구토작용제로 나누어지는 전시 독성가스 또는 화학작용제, 생물학무기 그리고 핵폭발로 발생하는 낙진을 정화하여 방호시설 내부로 신선한 공기를 공급하고 인명을 보호하는 역할을 한다.

포격이나 폭격 등과 같이 짧은 시간에 공격이 종료되는 것과 달리 화생방 방호시설은 화생방 공격이 장시간 지속되기 때문에 외부환경과 차단된 상황에 있을 경우 외부 공기를 정화하는 가스입자여과기를 외부공기 흡입구와 송풍기 사이에 설치하여 사용한다.

가스입자여과기는 프리필터, 헤파필터, 활성탄 세 부분으로 구성되며, 헤파필터는 0.3 μm 이상의 입자를 최소 99.995%까지 걸러주는 건식타입이며, 활성탄은 전시 독성가스 또는 화학작용제 가스를 제거할 수 있다.

한국가스안전공사에서는 가스입자여과기의 민간분야 설치와 해외수출을 목적으로 민·군 시설에 설치되는 가스입자여과기 인증을 2017년부터 진행해왔다.

본 연구에서는 가스입자여과기가 국내에 설치되고 있는 사례와 한국가스안전공사의 시험·인증기술에 대하여 소개하고, 앞으로 진행예정인 가스입자여과기 관련 연구를 통한 발전방향에 대하여 소개하고자 한다. 가스입자여과기는 방호시설의 핵심제품으로 이 제품의 발전은 우리나라 방호시설 기술 발전에 큰 기여를 할 수 있을 것이다.

국내외 수소자동차 용기 내화성능 테스트 기준 비교

공경식, 임원섭

한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터

Comparison of Domestic and Foreign Standards for Fire-Resistance Performance of Hydrogen Tanks for Electric Vehicles

Kyeongsik Kong, Wonsup Lim

Energy Safety Empirical Research Center, Korea Gas Safety Corp.(KGS) 1467-51

요 약

화석연료의 무분별한 사용으로 배출된 배기가스와 이산화탄소로 인류는 지구온난화라는 위기에 직면해 있고, 이를 해결하기 위한 방안 중 하나로 친환경 에너지원인 수소에 관심이 높아지고 있다. 수소는 공기 중의 산소와 반응해 이산화탄소의 배출이 없는 에너지원으로 세계적 탄소중립과 관련하여 친환경 연료로 화석연료를 대체할 차세대 에너지로 주목받고 있다. 이에 현재 국내에서도 수소경제 활성화 로드맵을 발표하는 등 수소 관련 사업에 관심을 기울이고 있다.

수소전기차는 수소를 연료로 사용하여 전기를 생산하고, 이를 이용 모터를 구동하는 자동차로 범세계적인 내연기관 상용차 배기가스/이산화탄소 규제가 지속됨에 따라 수소 상용차 기술 개발이 필요한 상황이다. 이러한 수소전기차에서 핵심부품으로 연료를 저장하는 수소저장용기의 기술 개발이 중요시되고 있다.

따라서 본 연구에서 ECE R134 및 GTR No.13 등 해외의 수소전기차 관련 규정과 국내의 테스트 규정을 조사하였다. 그 중에서 내화성능에 초점을 맞추어 해당 기준을 비교 및 분석하였고, 이를 토대로 수소전기차의 수소저장용기의 내화성능의 생산성 향상 기술 개발에 이바지 하고자 한다.

이 연구는 2022년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)연구비 지원에 의한 연구임(20015346)

불균일 메탄 혼합기의 화염전파 및 폭발 위험성

한우섭 · 김형욱 · 임진호

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

Hazard of Explosion and Flame Propagation in Non-uniform Methan

OuSup HAN · HyeongUk KIM · JinHO LIM

Occupational Safety & Health Research Institute, KOSHA, Deajeon 305-380, Korea

요 약

연료용 가스가 누출되면 사업장 내의 공정조건이나 발생 기류 등에 의해 불균일성 가스혼합기가 쉽게 형성될 수 있으며 점화원이 존재하면 화재폭발사고로 이어질 수 있다. 국내 사업장에서 최근 10년(2010~2019)동안에 발생한 연료가스(LPG, NG)의 화재폭발사고(KOSHA 중대재해사고사례)의 발생건수는 223건으로서 인명피해(사망 22명, 부상 201명)가 나타나고 있다. 가스 누출에 따른 폭발사고의 피해 예측 및 예방대책을 수립하기 위해서는 가스폭발에 의해 발생하는 압력특성 정보가 요구된다. 지금까지 다양한 폭발공간의 조건에 따라 가스폭발 특성에 대해서는 많은 연구가 수행되어 왔다. 이를 통해 가연성 가스의 농도가 불균일한 경우에는 가스폭발의 압력특성이 농도분포에 영향을 받으며, 가스의 농도 분포가 층상 구조인 경우에는 압력거동이 농도분포가 과압특성의 변화에 크게 기여하는 것으로 보고되고 있다. 그러나 일반적으로 가스폭발 피해평가에 많이 사용되고 있는 기존의 가스 폭발특성 문헌값은 균일 혼합기 조건에서 측정된 자료가 대부분이며 이러한 문헌자료를 활용하여 화재폭발 위험성을 평가하는 경우에는 실제의 가스 누출에 따른 폭발사고와는 다른 피해예측 결과가 얻어질 수 있다. 그러므로 보다 정확한 폭발위험성 예측과 사고발생 저감대책을 수립하기 위해서는 가스혼합기 농도의 불균일성에 따른 폭발의 발생 가능성 및 크기를 사전에 평가할 수 있어야 하며, 이를 위해서는 다양한 불균일 혼합계의 폭발특성 정보가 필요하다. 본 연구에서는 연료용 가스를 취급, 사용하는 사업장의 가스누출에 따른 화재폭발사고 피해저감에 활용하기 위하여 메탄(CH₄)을 사용하여 농도변화를 갖는 불균일 가스혼합기의 폭발과압, 화염전파속도 등의 폭발 위험성을 조사하였다.

액체 풀(Liquid Pool) 증발의 이론 및 실험결과의 비교분석

김은희, 이슬기, 마병철

전남대학교 화학공학과, 전남대학교 화학공학부

Comparative Analysis of Evaporation Theory of Liquid Pool and Experimental Results

Eunhee Kim, Seulgi Lee, Byung-Chol Ma

Chonnam National University, Department of Chemical Engineering, Chonnam National University, School of Chemical Engineering

요 약

액상 저장탱크 등에서 누출이 발생하면 흘러나온 액체는 풀(Pool)을 형성하고 풀의 표면에서 증발하여 대기 중으로 확산된다. 특히, 독성물질이면서 높은 증기압을 가진 고휘발성 물질의 경우 빠르게 증발하여 근로자 또는 인근 주민들에게 큰 피해를 줄 수 있다. 이러한 사고를 예방하기 위하여 액체의 증발 속도 및 그에 따른 피해 범위 등을 정확하게 예측하여 사고대응을 신속하게 수행하는 것이 필요하다. 액체의 증발 속도는 풀의 면적, 액체의 온도 및 증기압, 물질전달계수 등이 영향을 미칠 수 있는데 특히, 물질전달계수 값을 어떻게 구하는지에 따라 결과값이 많이 달라질 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 동일한 조건에서 실험을 통하여 측정한 액체 증발 속도와 문헌 등의 이론식 및 경험식 등으로 산정한 결과값을 상호 비교하여 실제 현장에서 어떤 이론식이 적용 가능한지 확인하고자 하였다.

이를 위해, 인화성 액체이면서 휘발성이 강한 아세톤을 대상 물질로 선정하였고, 액체 풀 면적을 다르게 하여 실제로 증발된 양을 측정하였다. 그와 동일한 환경 조건을 이론식에 적용하여 증발 속도를 계산하였다. 그 다음, 실제 실험으로 측정한 증발 속도와 이론식으로 계산된 증발 속도가 어떤 차이가 있으며 그 원인이 무엇인지를 체계적으로 분석하였다.

본 연구 결과를 통해 사업장에서는 액상 물질 풀 증발로 인한 피해확산범위 등을 정확하게 예측하여 사고피해를 최소화할 수 있을 것으로 기대한다.

가스누출 사고 및 가스누출 감지 기술 개발

박병준, 이준혁, 노호성

한국화재보험협회 부설 방재시험연구원

Development of gas leak accident and gas leak detection technology

Byeongjun Park, Joonhyuk Lee, Hoseong Rho

Fire Insurers Laboratories of Korea(FILK)

요 약

2018년 화학물질종합정보시스템 통계 조사 결과 취급업체 3만 954개 사업장에서 2만 9,499종의 화학물질 6억 3,819톤이 유통되고 있다. 2년마다 진행되는 유통량 조사 결과 화학물질 취급은 점차 증가하고 있는 추세로 최근 조사결과 2016년에 비해 2018년 14.2%가 증가하였고 대부분 대규모의 석유정제 및 화학업종이 입지한 지역에서 전체 유통량의 79.6%로 절반 이상이 유통되고 있다. 그 중 유화산업인 석유 정제품 제조업이 전체 유통량의 38.7%를 차지하고 그 뒤로 화학물질 화학제품 제조업이 23.4%로 높은 비중을 차지하고 있다.

화학물질을 취급하는 유화산업단지에서 누출로 인한 사고가 빈번하게 일어나며, 이로 인한 화재, 폭발 등 큰 사고로 번질 위험성이 크다. 특히 화학물질 사고로 인한 인명피해는 30%에 달하고 있을 정도로 인명피해의 문제가 심각하다. 점차 감소 추세였던 화학사고 발생은 안전관리가 완화된 직후 눈에 띄게 늘어났는데 화학물질종합정보시스템의 사고 발생 통계를 보면 2019년 58건에 비해 2020년 75건이 발생했으며, 2021년 93건으로 점차 증가하고 있다.

화학물질 유통량의 가장 큰 비중을 차지하는 석유화학산업단지에서의 가스누출사고에 대해서 조사하고 사고를 방지하고 신속한 대응을 위한 가스누출 감지 기술 현황과 개발 목표를 제시하고자 한다. 현재 초음파 대역의 신호까지 측정해 가스누출을 탐지하는 초음파/음향 카메라가 시중에 사용되고 있으며 이와 AI를 접목하기 위한 데이터 수집, 라벨링, 표준화, 분석 알고리즘 등을 준비하고 가스누출 탐지시스템을 구축하여 실제 상황에서 사용 가능한 기술 개발을 목표로 하고 있다.

※ 본 연구 내용은 산업통상자원부 제조안전혁신기술개발사업 “중·저압 유화 산업 배관 사고 예방을 위한 음향/영상 융합 기반 누출 감지 기술 개발(과제번호 20022223)”의 지원으로 진행됨.

고압수소 운반차량 화재사고에 관한 연구

신성완

한국가스안전공사 재난안전처

A study on the High-Pressure Hydrogen Tube Trailer Fire Accident

Shin sung wan

Korea Gas Safety Corporation

수소산업이란 수소의 생산,저장,운송,충전,판매 및 연료전지와 이에 사용되는 제품, 부품,소재 및 장비의 제조등 수소와 관련한 산업을 말한다.

수소는 사용처는 수송용,산업용,발전용등으로 다양하게 사용되며 탄소저감이 전세계적으로 중요한 과제이므로 앞으로는 사회전반에 광범위하게 사용될 전망이다.

이를 토대로 수소경제의 밸류체인을 구성하면 생산,저장,운송,충전으로 구성되어진다. 수소가 생산되면 기체,액체,액상 화합물 형식으로 저장되고 이를 튜브트레일러, 탱크로리, 파이프라인을 통해 충전소나 최종 수요처로 운송한다.

운송방법은 수소의 물리적 상태와 밀접하게 연관된다.

기체상태의 수소는 튜브트레일러 또는 파이프라인을 통해 운송하고 수소 튜브 트레일러는 장거리 수송에 적합하며 파이프라인은 단거리 또는 특정지역에 공급이 원활하나 초기 파이프 라인 구축에 초기 투자비용이 많이 소요되는게 단점이다.

2019년기준 국내 수소소요량은 21만톤으로 추정되며 이는 국내 수소생산량의 11.2%를 차지한다고 한다.

이중 튜브트레일러를 통해 이동하는 비율은 7.2%로 추정하고 있으며 따라서 운송시 발생하는 각종 사고에 대비하여 안전장치를 설치해야 하며 각종 안전장치 및 차량의 결함으로 인한 사고발생시 대형사고로 발생하지 않도록 재발 대책을 강구해야 한다.

본 연구는 수소운반트레일러의 안전장치와 종류 그리고 자동차의 결함으로 발생한 화재사고 발생원인이 무엇인지를 조사하고, 최소의 비용으로 개선이 가능한 시설이나 설비등이 무엇인가를 연구하고 규격화된 표준모델을 개발하여 업계에 배포함으로써 동일사고로 인한 재발을 미연에 방지하고업계에 도움이 되고자 한다.

밀폐된 캠프 장소(텐트·차량) 내 가스 연소기 사용 중 일산화탄소 가스 발생 메커니즘 규명 연구

이우귀연, 정한빈, 오호근, 홍승운
한국가스안전공사

A Study of CO Carbon Mono-oxide Generation Mechanism during the Use of Gas Burner in Enclosed Camp Space

Ugwiyeon Lee, Hanbin Jung, Hyogeon Oh, Seongwoon Hong
Korea Gas Safety Corporation

요 약

최근 캠프장에서 일산화탄소 중독이 빈번하게 일어나고 있다. 주로 밀폐된 텐트 안이나 차량 내에서 발생하는데 야영장에서 발견하는 가스 사고 중 절반 가까이가 일산화탄소 중독 사고이며 일산화탄소 중독 사고는 평균 2.1명의 사상자를 발생하기 때문에 집중적인 관리가 필요한 사고 분야 이다. 일산화탄소는 무색, 무취, 무미 가스이며 피부, 점막 등 신체에 자극이 없어서 감지가 매우 어렵다. 또한 물에도 잘 녹지 않으며 공기 비중의 0.967배로 대기에서 떠오르는 성질이 있다. 인체에서 헤모글로빈과의 결합력이 산소에 비해 300배 이상 크기 때문에 체내에서 산소 운반작용을 저해하면서 저산소증, 중독 또는 사망에까지 이르게 한다.

한국가스안전공사는 밀폐된 캠프 장소에서 가스연소기 사용 중 발생하는 일산화탄소 사고에 대한 메커니즘을 규명하기 위해 다양한 캠프 조건에서 일산화탄소 발생실험을 진행하였다. 밸브 조절을 통한 다양한 가스 소모량에서의 일산화탄소 발생량, 텐트나 차량의 공간 크기에 따른 일산화탄소 발생량, 유사한 공간 크기(부피)를 갖는 차량과 텐트에서의 일산화탄소 발생량 비교, 실내 습도 변화에 따른 일산화탄소 발생량을 측정하고 근본적인 이산화탄소 발생 원리를 규명하였다. 실험 결과 산소농도 감소에 따라 일산화탄소 발생량이 급증하는 구간이 있으며 일반적으로 완만한 증가, 급격한 증가, 최고점 도달, 급격한 감소의 패턴으로 일산화탄소가 발생하였다. 또한 연료 소모량이 클수록 제한된 공간 내에서 국부적 산소부족으로 인한 자연 소화가 발생하는 경향이 있으며 제한된 공간이 작을수록, 차량보다 텐트 환경일수록, 실내 습도가 높을수록 일산화탄소 발생량과 발생 속도가 증가하는 경향이 발견되었다.

혼합 가스에 대한 가변 파장 적외선 가스 센서의 출력 특성

이근호, 이승환

한국교통대학교 융합기술대학 기계공학 전공

Output characteristics of tunable infrared gas sensor for mixed gas

Gun-Ho Lee, Seung-Hwan Yi

Department of Mechanical Eng, Korea National University of Transportation

요 약

적외선 방식을 통한 가스 분석은 가스에 의해 적외선이 흡수 되는 것을 이용하여 진행한다. 가스에 의한 적외선 흡수는 일정 파장 범위에서 발생하기에 가스 분석 시 흡수 파장 범위에서 하나의 파장을 보기보다 넓은 범위의 파장을 확인하는 것이 가스 분석에 용이 할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 가변파장 적외선 가스센서를 이용하여, 넓은 범위의 파장에서 혼합 가스의 흡수도를 확인하고 이를 단일 가스의 흡수도를 이용한 이론값과 비교하였다.

본 연구에서는 메탄가스 600 ppm, 1200 ppm, 1800 ppm, 2400 ppm을 기준으로 아세틸렌가스와 에틸렌 가스를 0 ~ 1200 ppm까지 첨가하는 방식으로 실험을 진행 후 흡수도를 계산하여 실험값을 구하였다. 이론값의 경우 독립가스의 출력을 통해 흡수도를 계산하였다. 가스의 흡수 파장이 겹칠 경우 계산된 독립가스의 흡수도를 더하여 혼합가스의 흡수도를 계산하였다. 가변파장 적외선 가스센서를 통해 확인한 파장은 메탄과 아세틸렌의 경우 7120 ~ 8000 nm 범위를 확인 하였고, 에틸렌의 경우 9650 ~ 10500 nm 범위를 확인하였다.

메탄과 에틸렌에서 메탄의 흡수도는 에틸렌의 농도가 증가 하더라도 메탄 단일 가스의 흡수도 표준편차 내에서 변하는 모습을 보였고, 에틸렌의 흡수도는 메탄의 농도가 증가하더라도 에틸렌 독립가스의 흡수도 표준편차 내에서 움직이는 모습을 보였다.

메탄과 아세틸렌의 경우 이론값은 독립가스의 흡수도 합으로 계산 되었고, 실험값은 이론값의 -4 ~ 9 % 범위 내에 존재 하였다. 따라서 가변파장 적외선 가스센서를 통해 얻은 독립가스의 흡수도를 통해 혼합가스에 대한 흡수도를 유추 하는 것이 가능 할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 교육부에서 지원하는 한국 기초과학연구원보조금(2019R1A6C1010047)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

ALD(Atomic Layer Deposition) Gas Cabinet 內 NH₃ 누출에 따른 효율적 제거에 관한 연구

이성삼*, 원동신**, 안형환*

*한국교통대학교대학원, **Kiwa Korea

요 약

태양광 산업에 사용되는 설비 중 ALD(원자층 증착: Atomic Layer Deposition)의 NH₃ Gas Cabinet 내에서 인화성물질인 NH₃(Ammonia) Gas를 공급하는 과정에서 각종 부품(Pipe, Valve, MFC, Gauge 등)의 연결 부분에서 누출이 발생하였을 때 Gas Cabinet 내에서 폭발 분위기가 형성될 수 있어 Gas Cabinet 내의 모든 전기 기계·기구에서 발생할 수 있는 점화원(spark)을 제거하기 위하여 방폭(Explosion proof)을 적용하거나 내부 환기를 통해 누출된 Gas를 폭발 범위 이하로 희석, 배출하는 방법(고희석)으로 문제를 해결하여야 한다. 하지만 대부분 국내의 사업장에 설치되는 ALD 설비는 설계 시 폭발 범위나 고희석 등 인화성 가스의 누출 시 발생할 수 있는 폭발에 대한 문제를 설계에 반영하지 못한 것이 대부분이다. 본 연구에서는 일반적으로 해외에서 국내로 도입되어 설치되는 ALD 설비의 환기 상태를 컴퓨터전산유체역학(CFD: Computational Fluid Dynamics)을 통해 분석 후 KOSHA(한국산업안전보건공단)의 산업 환기 관련 Guide에 적용하여 기존 설비의 환기 상태가 폭발위험 분위기가 형성될 수 있는 저 환기 또는 중 환기에 해당한다는 것을 증명하고 이를 개선하기 위하여 누출원 주변에 국소배기 덕트(Duct)를 설치하여 NH₃ Gas가 누출되더라도 폭발 분위기가 형성되지 않도록 개선할 수 있다는 것을 본 연구를 통해 증명해 보고자 한다.

2022년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음

Corresponding author: hhahn@ut.ac.kr

반도체 공정에서 CFD를 활용한 방폭장소 설정에 관한 연구

김민지, 이진백, 김신의, 이근원*, 정승호*
아주대학교 환경공학과, *아주대학교 환경안전공학과

A Study on the Explosion Proof Location Using CFD in Semiconductor Process

Minji Kim, Jinbaek Lee, Sineui Kim, Keunwon Lee*, and Seungho Jung*
*Department of Environmental Engineering, Ajou University, *Department of Environmental and Safety Engineering, Ajou University*

요 약

반도체제조는 다양한 단위공정으로 만들어지며, 다양한 화학물질과 Gas Box 등 설비들이 사용된다. 특히 인화성 물질인 H₂, NH₃, C₄F₆, CH₄ 등이 사용되고, 인화성 물질 누출 시 폭발 위험성이 존재한다. 인화성 물질을 제조, 취급하는 장소에서는 적합한 방폭 구조의 전기기계, 기구를 사용해야 한다. 인화성 물질을 취급하는 공장은 산업안전보건법에서 정하는 기준에 따라 방폭형 전기기구를 설치해야 한다. 하지만, 반도체 제조 장비의 경우 비폭발 위험장소로 간주하여 방폭기구를 설치하지 않는다. 최근 규제기관에서 반도체 설비에 대해 방폭형 전기기구 설치를 검토하고 있는 만큼, 반도체 제조에서 인화성 물질 누출에 관한 안정성 입증 평가가 이루어져야 한다.

본 연구는 반도체 공정에서 Gas box내의 폭발위험 장소를 설정을 위해 CFD를 활용하여 실 내부의 유동해석을 통한 폭발 위험성 분석을 하였다. 유동해석은 지속적으로 인화성 물질이 누출되는 경우 내부에 조성된 농도 범위를 예측하기 위하여 steady state 에서 수행하였다. CFD Simulation을 활용하여 배기능력 합격 기준인 LFL 25%가 도출되었으며, Gas box내에서는 IEC 6079-10-1에서 제시하는 비폭발 위험범위 기준에 부합함을 확인하였다.

* 본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원의 산업혁신인재성장사업(과제번호 P0012787)으로 수행되었음.

매설배관의 Generic 부식 사고 빈도 방법 연구

단승규, 윤익근, 정호진
한국가스공사 가스연구원

A Study on the Frequency Analysis for Generic Corrosion of Buried Pipelines

Seungkyu Dan, IK-Keun Yoon, Ho Jin Jung
KOGAS Research Institute

요 약

한국가스공사가 운영 중인 매설배관은 약 5,000 km로 초기 건설 배관의 경우 30여 년 동안 운영을 하고 있다. 매설배관의 특성 상 육안 검사가 쉽지 않기 때문에 일정 주기로 ILI(In-Line Inspection) 등 배관 검사를 진행하고 있는데, 검사 불가 구간 또는 검사 주기 사이에 부식이 발생하는 등 부식 발생 즉시 확인하기 쉽지 않은 경우가 있다. 실제 부식 결함에 대한 정보를 알고 있는 경우 부식 성장에 대한 사고 빈도 예측을 통해 위험성 평가를 진행하고, 추가적으로 검사 당시 발생하지 않았던 부식이 발생할 빈도를 추가해 사고 발생 빈도를 예측해야 한다. 본 연구에서는 매설배관 검사 시 존재하지 않았던 신규 부식 발생 빈도 및 성장 확률을 적용하여 발생할 수 있는 사고 빈도 방법론에 대하여 연구하였다. Generic 부식에 의한 사고 발생 빈도는 사고에 대한 한계함수 및 성장 확률을 적용하여 각각 puncture 및 rupture 사고 빈도를 계산하였고, 이를 이용하여 시간이 지남에 따라 증가하는 위험도를 산정하고 관리할 수 있을 것이다.

가스 누출 감지시간 최소화를 위한 PINN 기반의 surrogate model과 MINLP 기반의 감지기 배치 최적화

이훈기*, 신동일**,*)

명지대학교 재난안전학과, *명지대학교 화학공학과

요 약

독성 화학물질을 관리하는 시설에서 가스 누출사고 발생 시, 대규모의 인명 및 재산피해가 초래된 사례가 많다. 그러나 현재 화학물질관리법 등의 관련 규정에서는 일정한 거리 간격으로 감지기 배치를 규정하고 있어, 그 위험성을 반영하기 어려운 경우가 많다. 따라서 본 연구에서는 감지사고의 위험성을 반영하며, 효율적인 감지기 배치를 통해 감지시간을 최소화시키고자 하며, 위험성 반영 시나리오를 위해, surrogate 모델을 제안한다. 기존의 연구에서는 여러 누출원 후보에서의 CFD 시뮬레이션을 통해 다양한 시나리오를 반영하여, 감지기 배치 최적화를 진행하였으나, 본 연구에서는 딥러닝 기반의 surrogate 모델을 활용하여, 기존의 방식보다 빠른 계산비용으로 더 많은 시나리오를 반영하고자 한다. 제안 방법은 누출률, 누출원 좌표, 후보 센서의 위치, 풍향 및 풍속 등의 input을 활용해 Physics Informed Neural Network 방식의 surrogate model로 가스 누출 시나리오를 모사하고자 하며, 그 결과값을 활용하여, MINLP 기반의 감지기 배치 최적화를 진행하여, input으로 활용된 여러 시나리오의 감지시간의 합을 최소화시키고자 한다.

Key words : Deep learning, optimization, surrogate modeling, gas detector

* Corresponding author: dongil@mju.ac.kr
Copyright © 2016 by The Korean Institute of Gas

천연가스 전송 매설 배관 안전성 평가 시스템

정호진, 윤익근, 단승규
한국가스공사 가스연구원

Quantitative Risk Assessment System of Natural Gas Buried Pipelines

Ho Jin Jung, IK-Keun Yoon, Seungkyu Dan
KOGAS Research Institute

요 약

한국가스공사는 전국에 약 5000km의 매설배관을 사용하여 천연가스(NG)를 공급하고 있다. 가스 사고의 발생원인과 유형은 다양하다. 또한, 지상에 노출된 배관과 매설된 배관은 사고결과 차이가 있어 일반적인 사고 영향 해석 틀을 이용해서는 그 값을 신뢰할 수가 없다. 그렇기 때문에 가스공사는 영국의 PIPESAFE기술 그룹의 매설 배관 위험분석 모델을 기반으로 하는 매설배관 정량적 위험성 평가 프로그램(KPQRA)을 개발하여 사용 중에 있다.

본 연구에서는 기존 매설배관 정량적 위험성 평가 프로그램을 개선 및 기능 확장을 통해 고도화된 시스템을 개발하는 연구를 수행하였다. 이 시스템은 KPQRA를 네트워크(사내망 운영) 버전으로 개선하고, 시간 의존적 요소의 확률 모델을 빈도 모델에 적용하였으며, 배관정보(KOGAS배관정보시스템)와 인구정보(국가통계지리시스템)를 자동으로 정보들이 입력되는 기능들이 추가되었다. 본 시스템을 통해 향후 건전성 및 안전성 관리 업무에 활용하면 과학적이고 체계적인 매설배관 관리를 실현할 수 있을 것으로 판단된다.

HyRAM+를 이용한 수소충전소 위험요소 도출

이재용, 이승종, 윤덕규
고등기술연구원

Derivation of Hazard for hydrogen refueling stations using HyRAM+

JaeYong Lee, SeungJong Lee, Deokkyu Youn
Institute of Advanced Engineering

요 약

수소경제 이행에 있어 수소 인프라 구축은 필수 요건이나, 주민 수용성으로 현재 대부분이 외곽지역에 제한적으로 설치되어 있다. 이 때문에 수소 에너지를 사용하는 접근성이 떨어지는 악순환을 겪고 있다. 주민 수용성에 대한 문제를 해결하기 위해서 막연히 안전하다는 인식보다는 정확히 어떤 위험이 있고 이에 대한 대비가 어떤 형식으로 되어 있는지를 정확하게 제시할 필요가 있다.

본 논문에서는 수소 인프라의 대표격인 수소충전소에 대한 위험요소를 HyRAM+을 이용해 정량적으로 도출하였다. 도출된 위험요소는 향후 위험성평가를 위한 사고시나리오 도출을 위한 기반이 되고 또한 충전소의 안전성 향상에도 기여할 수 있을 것이다.

수소충전소 장치별 제트화염 영향 분석

이재용, 이재영, 김혜수
고등기술연구원

Analysis of Jet Fire Impact by Hydrogen Refueling Station Equipment

JaeYong Lee, Jaeyoung Lee, Hyesoo Kim
Institute of Advanced Engineering

요 약

본 논문에서는 일반적인 수소 충전소의 장치를 섹션별로 구성해서 수소 누출 빈도와 영향을 분석하였다. 수소 충전소에서 가장 큰 위험은 수소의 누출이며, 누출로 인한 사고로는 제트화염, 폭발, shutdown 등이 있는데 위험성 평가 지표 중 하나인 PLL 기여에 대한 결과 제트화염이 가장 큰 사고 기여를 한 것으로 분석되었다. 각 구성요소별로 제트화염이 발생했을 때 미치는 영향을 계산하였으며, 이를 통해서 각 설비간 간격 및 방호벽 설치와 같은 조건에 기반이 될 것으로 기대된다.

복합화력발전소 내 암모니아 저장 공정에 대한 피해영향 범위 분석

박희경, 정승연*, 이민철**

인천대학교 안전공학과 학사과정,

*인천대학교 안전공학과 석사과정,

**인천대학교 안전공학과 교수

Analysis of the Damage Impact Extent of Ammonia Storage Process in Combined Cycle Power Plant

Hee Kyung Park, Seung Yeon Jeong*, Min Chul Lee**

Undergraduate Student, Safety Eng. Department, Incheon National Univ.

** Master's Course Student, Safety Eng. Department, Incheon National Univ.*

*** Professor, Safety Eng. Department, Incheon National Univ.*

요 약

무탄소 연료 발전을 위해 기존 화석연료를 수소 및 암모니아 연료로 대체하고자 많은 노력이 기울여지고 있다. 현재, 수소의 안전 관리 정책 및 관련 법률 등 수소 연료 공급 인프라를 구축하기 위한 연구는 활발하게 진행되고 있는 반면, 암모니아 연료에 대한 안전성 향상 연구는 비교적 미비한 실정이다. 본 연구에서는 국내 복합화력발전소를 대상으로 수소, 암모니아 그리고 LNG 적용 시 발생 가능한 누출사고에 대해 ALOHA(Areal Location of Hazardous Atmosphere) 프로그램을 이용하여 피해영향 범위를 산출하는 정량적 위험성평가를 실시하였다. 기존 가스터빈 연료인 LNG와 수소 대비 암모니아는 독성의 위험도가 크게 산출되었다. 독성 외에도 폭발가능성, 과압, 열복사율에 대한 사고 피해영향 분석이 가능하였다. 본 연구를 통해 복합화력발전소 내 저장 및 화학 설비 간 적절한 이격거리, 방호거리를 제시하여 안전성 향상 방안을 도출하고, 이는 향후 탄소중립을 위한 수소암모니아 연료 공급 설비에 대한 기초 자료로써 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

활성탄소섬유 흡착필터 형상 변화에 따른 유동 특성 분석

전동환, 민흥기, 정석우, 박훈민*
고등기술연구원, (주)이엠솔루션*

Fluid Flow Characteristics According to Shape Change of ACF Filter

Jeon Donghwan, Min Heungki, Jung Seokwoo, Park Hoonmin*
Institute for Advanced Engineering, Emsolution Co.,Ltd

요 약

탄소계 흡착제인 활성탄소섬유(Activated Carbon Fiber, ACF)는 표면에 미세기공이 발달되어 있고 높은 비표면적 특성에 기인한 흡착질의 빠른 흡착/탈착 및 흡착용량이 많은 장점이 있다. 일본에서는 활성탄소섬유의 우수한 흡착특성을 이용하여 대기 오염물질의 하나인 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs)을 고효율로 흡착시킨 후 스팀 재생을 통해 액체 상태로 회수 가능한 유기용제 회수시스템을 개발하였으며, 현재 국내에서도 기상으로 배출되는 NMP와 IPA 등의 고가 물질 회수에 일본 설비를 수입하여 운영하고 있다. 국내에서는 A사에서 활성탄을 이용한 유기용제 회수 시스템을 개발하여 보급하고 있지만 활성탄소섬유가 적용된 설비보다 설비 규모가 크고 시스템 운영 효율이 낮은 단점으로 인하여 확대 보급에 어려움이 있다. 따라서 일본 설비와 경쟁력을 갖을 수 있도록 소규모 설비로 대용량의 VOC 함유가스 처리가 가능하고, 제작비를 낮출 수 있는 활성탄소섬유 적용 고효율 VOC 회수설비의 국산화 개발이 요구되고 있으며, 본 설비 개발을 위해서는 활성탄소섬유 흡착필터 개발이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 활성탄소섬유 흡착필터 개발의 일환으로 활성탄소섬유 흡착필터 형상 변화에 따른 유체 유동특성을 확인하였다. 흡착필터 형상은 상용 설비에 적용되고 있는 원통형 형상을 기본 형태로 선정하였으며, 상부와 하부의 원통 지름에 변화를 주면서 흡착필터 형상 변화에 따른 흡착질 함유 처리가스의 유동특성과 흡착제 재생 운전시 공급되는 스팀 공급에 따른 유동 특성을 확인하여 흡착제 전체에 고른 유체 유동이 가능한 흡착 필터 형상을 선정하였다.

사사 : 본 연구는 중소벤처기업부의 재원으로 중소기업기술정보진흥원의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (NO. RS-2022-00141809)

ANSYS 동적해석을 활용한 액화천연가스 차량 용기 충돌에 대한 구조 건전성 평가

김의수[†], 김우진^{*}

한국교통대학교 안전공학전공, ^{*}한국교통대학교 법공학기술연구소

Structural Integrity Assessment for Crash of LNG Fuel Vehicle Container using ANSYS Dynamic Analysis

EuiSoo Kim[†], WooJin Kim^{*}

Department of Safety Engineering, Korea National University of Transportation

^{}Forensic Engineering Technology Lab, Korea National University of Transportation*

[†] Corresponding author: es92kim@ut.ac.kr

요 약

지구온난화, 미세먼지에 의한 환경 및 대기 오염 문제가 세계적으로 대두되면서 대체 에너지에 대한 관심 또한 증가하고 있는 추세이며 경유보다 저렴하고 공해가 적은 천연가스가 대체 연료로 주목받고 있다. 천연가스 자동차는 주행거리 측면에서 CNG의 경우 1회 충전 시 약 237 km 운행가능한 반면, LNG는 약 388 km로 상용차 연료로는 LNG가 적합하며 저장압력 측면에서 20 MPa인 CNG에 비해 LNG는 1.6 MPa로 더 낮은 압력에서 저장이 가능하기 때문에 안전하다는 장점이 있어 LNG 연료에 대한 관심 및 수요가 증가하고 있다. 그러나 국내의 경우 LNG 연료용기 설치 기준에 따른 용량 제한과 충전인프라 부족 등으로 LNG 자동차 보급 확대와 장거리 운행 면에서 어려움을 겪고 있다. 반면, 국외의 경우 차체 외측면 이격거리 없이 대용량의 용기를 장착하여 운행하고 있어 주행거리가 국내 대비 1.8배 이상 주행할 수 있다. 이에 따라 국내에서도 용기 내용적 확장에 대한 연구가 진행되고 있으나 용기가 차체 밖으로 노출되어 차량 충돌 시 직접적인 충격에 의해 누출공이 발생하여 화재(Fire), 폭발(Explosion)에 의한 대형참사를 야기할 수 있는 문제점을 지니고 있어 공학적 방법을 이용한 정확한 충돌 안전성 평가 연구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 차량용 LNG 연료용기의 충돌 안전성을 평가하기 위해 국내 ‘자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙’에 준하여 충돌과 같은 순간적으로 발생하는 동적 거동에 대한 비선형 해석에 적합한 ANSYS 동적해석을 통해 등가 응력과 변형량을 도출하고 실증시험 안전기준과 비교 분석함으로써 향후 LNG 용기 개발에 기여하고 예방대책을 강구하고자 한다.

감사의 글: 이 논문은 2022년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음.

열교환기를 통한 냉각수 급랭 현상 모사에 대한 연구

최안철, 최성웅

경상국립대학교

요 약

전 세계는 에너지위기와 기후변화 문제를 해결하기 위해 노력하고 있다. 다양한 방안 중 하나인 신재생에너지는 저탄소형 사회 구현과 지속 가능한 발전을 동시에 이룰 수 있을 것으로 기대된다. 발전소 및 플랜트 등에서 사용 가능한 온도범위의 유체는 여러 온도에서 가용적이지만 냉각을 목적으로 하는 열교환기에 사용되는 유체는 한정적이고 온도 범위 또한 명확하다. 열교환기의 종류로는 Plate, Shell-and-tube 등 여러가지로 사용되는데, 이 중 Shell-and-tube 열교환기는 고압, 저압, 고온, 저온에 관계없이 재료의 허용 범위 내에서 가열, 냉각, 증발, 응축의 용도로 적용할 수 있어서 널리 사용되고 있다. 열교환기의 효율화 및 최적 설계를 위해서는 열교환 유체간 열전달 효율을 높이는 것이 중요하다. 본 논문에서는 Shell-and-tube 형의 double pipe 열교환기를 대상으로 pipe의 사이즈와 유속에 따른 열교환 성능을 알아보기 위해 수치해석적 방법을 고찰하였다. 특히 주 유로의 Reynolds 수 변화에 따른 열전달 성능을 도출하는 여러 가지 방법에 대해 알아보았고 이를 통해 최적 설계 기반을 마련하였다.

유한요소법을 이용한 수소충전용 압력용기의 균열진전 거동에 관한 연구

최하영, 조승현, 변성광, 김윤태
기계공학부, 동양미래대학교

A Study on Crack Propagation Behavior of Pressure Vessel for Hydrogen Filling by FEM

Ha Young Choi, Seunghyun Cho, Sung Kwang Byon, Yun Tae Kim
Department of Mechanical Engineering, Dongyang Mirae University, Seoul, Korea

요 약

저탄소 친환경에너지 정책이 진행으로 인해 수소 공급을 위한 수소충전소의 증가됨에 따라 사고발생 위험도 커지고 있다. 액화수소를 생산하고 저장 및 운송 함에 있어 반드시 수소저장 용기의 안전성을 확보하여야 한다. 실제 압력용기는 제조과정에서 발생할 수 있는 노치와 기공, 개재물 등의 결함이 존재할 수 있다, 따라서 내압이 작용하고 있는 압력용기에 균열이 존재할 경우에 대한 압력용기의 건전성을 평가하는 것은 필요하다. 본 연구에서는 표면균열이 있는 수소충전용 압력용기의 구조안전성을 평가하기 위해 3차원 유한요소해석을 이용하였으며, 압력용기의 재료는 SA-372 Grade J / Class 70을 사용하였고, 해석모델은 압력용기가 축대칭 형상이므로 1/4 형상만 고려하였다. 표면균열의 형상은 일반적으로 많이 사용되는 반타원 형상을 적용하여 균열의 형상 및 응력비에 대한 균열진전 특성을 비교하였다. 향후, 이러한 결과를 이용하여 파괴역학을 고려한 압력용기의 잔존수명 예측에 활용할 예정이다.

본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (NO. 20215810100040)

ANSYS를 활용한 수소 저장 용기 누출 사고 원인 분석

김소영, 김의수[†]

한국교통대학교 안전공학과

The Cause Analysis on Leakage Accident of the Hydrogen Storage Container using ANSYS

So-Young Kim, Eui-Soo Kim[†]

Department of Safety Engineering, Korea National University of Transportation

[†] Corresponding author: es92kim@ut.ac.kr

요 약

수소 경제 활성화 로드맵('19.1)과 그린뉴딜('20.7) 정책에 따라 수소충전소는 2021년 11월 말을 기준으로 전국에 102개소, 125기의 충전기가 설치되어 있다. 이러한 수소충전소에는 90MPa 이상 초고압 수소가 저장·공급되고 있으며 수소가 이동·저장되는 모든 설비는 이러한 압력을 견디도록 설계되어 있다. 그중 가장 많은 양의 수소가 장시간 저장되는 압력용기는 안전에 있어 가장 중요한 부분으로 많은 연결부를 가지고 있고 따라서 수소누출 가능성이 크다. 최근 국내 수소충전소에 설치된 특정 제조사 제품의 플러그에서 누출이 발생하여 압력용기 교체 등 긴급조치가 이루어지기도 했다. 압축기로부터 압축된 수소가스를 저장하기 위한 수소압축가스설비의 기하학적 범위는 오링 및 백업링과 같은 압력용기의 개구부와 체결되는 막음 플러그부까지를 말한다. 수소압축가스설비의 압력용기 구조는 돔 부위에 보스부가 있고 보스부에 플러그가 체결되는 형태로 보스부와 플러그 사이 기밀을 위해 오링 및 백업링이 삽입된다. 본 구조에서 보스부와 플러그 사이에 구조적 형합이 적합하지 않으면 오링 및 백업링의 기밀기능이 정상적이어도 누설이 발생할 수 있다. 이 경우 압력용기의 보스부와 플러그 사이에 형합 적합성을 구조해석을 통해 파악하는 것이 중요하다. 수소압력용기 구조에서 누출은 사용상의 문제, 설계 문제, 제작상의 문제 등 다양한 원인으로 발생할 수 있다. 최근 위와 같은 사고에 대해 객관적 인과관계를 파악하기 위해 다양한 공학적 해석기법을 이용하고 있다. 이에 본 연구에서는 수소압력용기 체결구조에 대한 형합 적합성을 검증하기 위하여 공학적 해석 기법 중 하나인 ANSYS를 이용한 구조해석을 수행함으로써 수소압력용기의 설계상의 문제를 도출하고 해결방안을 모색하여 이를 적용함으로써 수소압력용기 구조 안정성 향상에 활용하고자 한다.

석유화학 플랜트 열교환기 파손으로 인한 사고원인 분석

안소연, 남수현, 윤이정, 김의수*

한국교통대학교 안전공학과

Analysis of the cause of the accident due to the damage of the heat exchanger of the petrochemical plant

So Yeon Ann, Su Hyun Nam, Yi Jung Yun, Eui Soo Kim*

Department of Safety Engineering, Korea National University of Transportation

* Corresponding author: es92kim@ut.ac.kr

요 약

국내의 석유화학 플랜트는 1960년대 후반부터 양적으로 급팽창함에 따라 고도화 및 고령화로 진행됨으로써 재난 및 재해의 발생이 증가하고 있다. 특히 석유화학 플랜트는 대규모의 복잡 다양한 장치산업으로 탄화수소와 같은 폭발을 일으킬 수 있는 연료를 취급하기 때문에 폭발 위험성이 크며, 중대사고를 넘어 대규모 사고로 발전할 수 있다. 이러한 석유화학 플랜트 사고는 인명, 재산손실 등의 1차 피해뿐만 아니라 기반 산업 전반에 영향을 끼쳐 2차 피해까지 발생시킨다. 최근 석유화학 플랜트에서 열교환기의 압력 테스트를 진행하는 도중 열교환기 파손으로 인해 심각한 물적, 인적 피해를 유발 시킨 폭발사고가 발생하였다. 본 사고의 경우 설계와 실제 제조상에 체결 부분의 두께 간 차이가 존재한다는 점과 사고 당시 상황이 열교환기의 정상운용상태가 아닌 청소 후 압력 테스트 중에 사고가 발생하였다는 점이 열교환기가 낮은 운용압력임에도 불구하고 폭발사고가 발생된 특이점으로 추정되었다. 사고원인분석을 위해서는 설계, 제작, 사용상 측면에서 공학적인 분석이 필요하나 플랜트의 복잡한 설비계통으로 인해 명확한 규명이 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 최근 발생한 석유화학 플랜트의 열교환기 파손으로 인한 사고를 대상으로 구조해석 프로그램인 ANSYS를 사용하여 사고대상인 열교환기의 운용 중 폭발사고 원인분석을 진행하였다. 이를 위해 설계자료를 토대로 운용압력에서 두께 차이로 인한 영향을 파악함과 동시에 압력 테스트 중 과압 발생 여부를 파악하기 위해 구조해석을 수행하였다. 이러한 사고원인 분석을 진행함으로써 동종의 석유화학 플랜트 폭발사고가 발생했을 때에 필요한 기초자료를 마련하였고 선제적 예방활동 및 안전투자의 우선순위를 정하는데에 기여하고자 하였다.

멤브레인형 LNG선 화물창 코너 단열시스템 개발 및 성능확인 시험

김영균, 임기호, 한해철
한국가스공사 가스연구원

Development of a New System and its Performance Verification Test

Y.K.Kim, K.H.Yim, H.C. Han
KOGAS RESEARCH INSTITUTE

LNG선에서 LNG 저장을 담당하는 화물창 시스템(Cargo Containment System)이 가장 중요한 핵심부위로 독립형과 멤브레인형으로 분류된다. 독립형은 선체에 구형 탱크를 결합한 형태로 후판 소재 사용으로 인한 고중량화 그리고 구형 탱크 적용에 따른 적재 공간의 비효율성 등의 단점이 존재하여 선체와 화물창을 일체화하여 건조하는 멤브레인형 화물창이 LNG선 시장을 주도하고 있다. 멤브레인은 스테인리스 박판(두께 0.7 mm ~ 1.5 mm) 이용하여 LNG를 저장한다. LNG 저장에 따라 발생하는 열하중과 압력하중에 대해 안정적 기밀을 유지하고 실제 하중은 단열재로 전달하여 외부 구조인 선체가 지지하도록 설계한다. LNG선 화물창은 다면체로 구성되며 각면에 설치된 멤브레인의 면과 면사의 연결은 90도 135도 등 각도를 가지는 코너 멤브레인을 이용하여 연결이 된다. 이때 코너 연결부의 구조적 안전성을 확보하기 위하여 단열재를 포함하는 후판 구조의 코너 단열 시스템이 적용된다.

본 논문에서는 기존의 후판 코너 단열 시스템을 개선한 경량화 구조를 개발하였다. 신규 개발 시스템의 기본 형상을 결정하고 실제 LNG 선 화물창에 적용되었을 때를 상정하여 유한요소해석을 실시하였다. 또한 제안된 새로운 코너 단열 시스템의 기본 성능을 확인하기 위해 인장 및 전단 파단 시험을 실시했다. 이러한 유한요소해석과 성능 시험 결과는 새로 제안된 코너 단열 시스템이 실제 LNG선 화물창에 적용이 가능함을 확인하였다. 최종적으로는 실제 초저온 환경에서의 성능을 검증하기 위하여 Mock-up 탱크를 이용한 시험을 수행하였다. 액체질소를 이용한 쿨다운, 저장을 4회 반복하였는데 각 회 차 테스트 후 탱크 내부에 진입 육안검사를 실시하여 코너 단열 시스템의 구조 건전성을 파악하였다. 본 연구를 기본으로 주요 기자재인 코너 단열시스템에 대한 소재비 절감, 제작 효율성 향상, 단열시스템 구조 최적화 그리고 시공 효율 향상으로 비용 절감을 한다면 경쟁력 확보에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부/한국산업기술평가관리원 '시장경쟁력 확보를 위한 BOR 0.07% 이하의 LNG 선박용 화물창 개발 (20012875)' 과제의 지원을 받아 작성되었습니다.

CFD 프로그램을 활용한 방파판 형상에 따른 탱크로리 sloshing 분석

이관우*, 김찬규*, 김상현**
한경대학교, 동양대학교

Analysis of tank lorry sloshing according to breakwater board shape using CFD Program

Kwan-woo Lee, Chan-Kyu, Kang, Sang Hyun Kim
*Department of Safety Engineering, Hankyong national university**,
*Department of Smart Safety Systems, Dongyang University***

요 약

우리나라에서는 약 4만 5천종이 넘는 화학물질이 유통되는 것으로 추정되며 환경부 자료에 따르면 유독물질의 유통량은 매년 증가하는 추세를 알 수 있다. 화학물질 이송차량의 경우 시설 및 건물과는 다르게 이동을 하는 특성과 이송하고자 하는 물질의 변화가 크며 관리를 하는 체계 또한 다르다. 화학물질을 운반하는 차량은 부딪히거나, 전복 등의 위험이 곧바로 중대한 화학사고로 발전할 가능성이 높후하다. 따라서 위험물질 운송 관리와 보관용기 관리를 강화하여 운송사고를 예방하고 피해를 최소화 하는 것이 중요하다.

이에 따라 탱크로리 저장 용기를 CFD 프로그램을 통해 운반 시 발생하는 sloshing 현상에 대한 범위 및 영향을 확인하고 방파판의 유무와 방파판의 형상에 따라 변화하는 유동을 확인하고자 한다. 먼저 탱크로리를 방파판 형상에 따라 3가지 유형의 모델링을 하고 profile을 통해 시간, 속도 데이터를 x,y,z 위치값으로 변환하여 시물레이션에 적용 및 비교·검증하였다.

이에 본 연구는 화학물질 운반 차량인 탱크로리의 운송 시 부딪힘 및 전복 등의 위험을 최소화하기 위한 방파판에 유무와 형상에 따른 sloshing현상에 대한 시물레이션을 비교·검증하여 매년 증가하는 화학물질 및 유독물질의 유통에 대한 안전성 확보 근거 데이터를 마련하고자 한다.

Key words 탱크로리, sloshing, 방파판, 화학사고, 안전성 확보

Type 4 수소저장용기의 충전 상황 시 유체 압력 및 열적 거동 해석

정경현, 김한상†
가천대학교 기계공학과

Fluid Pressure and Thermal Behavior Analysis of Type 4 Composite Pressure Vessel during Refueling

CHUNG KYUNG HYUN, KIM HAN SANG

*School of Mechanical Engineering, Gachon Univ. 1342, Seongnam-daero,
Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea*

수소는 화석 연료에 비해 낮은 밀도로 인해 액화 및 압축 상태로 저장하고 활용해야만 한다. 하지만, 끓는점이 매우 낮은 수소의 특성으로 인해 액화 상태로 보관하는 방식은 비용 측면에서 비효율적이므로, 고압 상태의 저장 및 활용하는 방식을 채택하는 추세이다. 고압 상태의 수소를 급속 충전할 경우, 수소가 순간적으로 가압되어 충전됨에 따라 줄-튐슨 효과, 압력 증가로 인한 온도 증가, 운동에너지 증가와 같은 이유로 수소저장용기 내부의 온도가 상승하게 되고, 이는 수소저장용기의 수명 저하 및 파손으로 이어질 수 있다. 이에 따라, 본 연구에서는 앞서 언급된 내용에 따른 영향도를 분석하기 위해, 상용 유동해석 소프트웨어인 ANSYS CFX를 활용하여 상온 상태에서의 수소 충전 상태를 해석적으로 모사하였고 평가·분석하였다. Type 4 수소저장용기의 라이너 부는 PA6 및 Al6061-T6 물성을 선정하였으며, 복합재 부는 T700S/Epoxy 물성을 선정하고 설계하였다. 이후, 모델링된 데이터를 토대로 수소저장용기의 충전 상황을 모사하기 위해 비정상 상태의 유동 해석 조건을 설정하였다. 또한, 해석 시간의 효율성을 증대시키기 위해 수소저장용기의 Half 모델을 활용하였다. 설계 모델을 토대로 해석 결과를 통해 고압 수소 충전 상황 시의 수소 및 수소저장용기의 각 위치별 온도 변화와 벽 내부에서의 가해지는 압력을 확인하였다. 이를 통해, 여러 조건 속에서 충전 실험을 모사할 수 있는 방법론을 제시하였고 향후 수소 충전 시 수소저장용기에 발생하는 응력 해석을 수행하여 수소저장용기의 수명과 파손 여부를 예측하는 연구에 적용할 예정이다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국 에너지 기술 평가원(KETEP)의 “신재생에너지핵심기술개발사업” 지원을 받아 연구한 과제입니다. (NO. 2022303004020A)

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국산업기술평가관리원의 “자동차산업기술개발사업”의 지원을 받아 연구한 과제입니다. (NO. 20015346)

유·가스전에서 ESP 고장 진단 예측을 위한 생산 장애 요소 측정에 관한 실험적 연구

송차영*, 이승재**, 최준호**, †이정환*

*전남대학교 에너지자원공학과, **광성지엠(주)

An Experimental Study on the Measurement of Production Obstacles for ESP Failure Diagnosis and Prediction in Oil and Gas well

Chayoung Song*, Sung-Jea Lee**, Jun-Ho Choi**, †Jeonghwan Lee*

*Dept. of Energy and Resources Engineering, Chonnam National University

**Kwang Sung G·M Co.,Ltd

요 약

전기식 수중 펌프(electrical submersible pump, ESP)는 과열(overheating), 마모(wear), 부식(corrosion) 등에 의해 성능과 수명이 감소하며, 노후된 펌프 교체에 따른 추가 비용과 생산 중단이 발생하기 때문에 수명을 예측하는 것이 중요하다. 이에 본 연구에서는 ESP를 활용한 인공채유 특성 및 생산성 향상 메커니즘을 분석하고, ESP 및 튜빙 파이프 성능에 영향을 미치는 변수를 정량적으로 분석하고자 ESP flow loop test를 수행하였다. 먼저 ESP 장치의 성능 검증을 위해 단상 유체 실험(single phase test)을 통해 45 Hz 조건 실험에서 30.45 psi의 최대 상승 압력(maximum pressure increment)과 유체 유량에 따른 상승 압력 곡선을 확인하였다. 다음으로 물과 가스의 비율을 달리한 2상 유체실험(two phase test) 실험을 수행하였다. 가스 유량을 고정한 Mapping test와 물 유량을 고정된 Surging test를 통해 ESP 성능이 감소하는 Surging point를 확인하였고 이를 통한 ESP의 최적 운영 조건을 도출하였다. 본 연구 결과는 비전통 유가스전의 원유생산 증대를 위한 ESP 공법 설계에 직접적으로 활용될 뿐만 아니라, ESP 펌프 제조 및 수명 연장 관련 기술의 완성도를 제고할 수 있는 기술적 기반을 확립할 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20212010200010). 또한 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00143541).

† Corresponding Author(이정환), E-mail: jhwan@jnu.ac.kr

석유 회수 증진을 위한 해수기반 나노-스마트워터의 표면화학적 특성 개선 연구

송차영, 조성학, 강인구, †이정환
전남대학교 에너지자원공학과

A Study on the Improvement of Surface Chemical Properties of Seawater-based Nano-smart Water to Enhance Oil Recovery

Chayoung Song, Seonghak Jo, Ingu Kang, Jeonghwan Lee*
Dept. of Energy and Resources Engineering, Chonnam National University

요 약

탄산염암 저류층은 친유성(oil-wet)의 습윤도(wettability) 특성을 갖고 있어 1, 2차 회수율이 낮으며, 막대한 양의 잔류오일이 남아있게 된다. 이때, 수공법에서 주입수의 염도와 전위결정이온(potential determining ion, PDI)의 농도를 조절한 스마트워터를 활용하여 오일회수 증진할 수 있다. 또한 나노입자는 암석의 습윤도(wettability)와 유체간의 계면장력(IFT)를 개선시켜 추가적인 오일을 회수한다. 따라서 본 연구에서는 해수를 기반으로 하여 PDI 농도를 조절하고 나노입자를 첨가한 나노-스마트 워터의 계면장력과 접촉각을 측정하므로써 그 성능을 평가하였다. 탄산염암 코어시료는 석회암과 백운암을 사용하였으며, PDI의 종류는 KCl, MgCl₂, MgSO₄, K₂SO₄로 설정하였다. IFT 측정 결과, 염도가 감소하고 나노입자의 농도가 증가함에 따라 IFT가 감소하는 경향이 나타났으며, 염도의 감소와 나노입자의 농도 증가는 오일 회수증진에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단된다. 습윤도 측정 결과, 나노-스마트워터는 약 44.3 ~ 103.3°의 접촉각을 변화시켰으며, 특히 SO₄²⁻로 PDI 조절을 한 경우, 추가적인 습윤도 개선 효과를 나타내었다. 본 연구에서 개발한 해수 기반 나노-스마트워터는 탄산염암 저류층에서 새로운 오일 회수증진 공법으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2020R111A3060663). 또한 본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20212010200010).

† Corresponding Author(이정환), E-mail: jhwan@jnu.ac.kr

탄산염암 저류층에서 실리카와 알루미나 나노유체 교차 주입을 통한 오일 회수에 관한 실험적 연구

한선이, 이영수
전북대학교

An Experimental Study on Oil Recovery of Carbonate Reservoir via Cyclic Injection of SiO₂ and Al₂O₃ Nanofluid

Sunlee Han, Youngsoo Lee
Jeonbuk National University

요 약

앞선 연구결과에서 실리카 나노유체는 탄산염암과의 접촉각을 감소시켜 oil-wet에서 intermediate-wet으로 변화시켰으며, 알루미나 나노유체는 오일간의 계면장력을 감소시켰다. 즉, 실리카 나노유체는 주로 탄산염암과 계면반응을, 알루미나 나노유체는 주로 오일과 계면반응을 하여 오일을 회수하였다. 나노유체에 따라 오일 회수 메커니즘이 달라지는 결과를 바탕으로, 이 연구에서는 탄산염암 암석시료에 실리카와 알루미나 나노유체를 교차 주입하여 오일 회수에 미치는 영향에 대하여 분석하였다. 암석시료는 비슷한 물성을 가진 탄산염암을 선택하였으며(공극률: 0.15~0.18, 투과도: 26.74~21.55 mD), 나노입자의 농도는 0.05 wt%로 설정하였다. 나노입자의 분산성은 유체학적 크기와 농도를 4일간 측정하였으며, 매우 안정적으로 분산됨을 확인하였다. 주입실험은 실리카-알루미나 나노유체, 알루미나-실리카 나노유체를 각각 순서대로 0.5PV씩 주입하였다. 실리카 나노유체를 먼저 주입하였을 경우 breakthrough 시간은 0.92 PV로 가장 느렸다. 이는 실리카 나노유체를 먼저 주입하였을 때, 실리카 나노유체가 탄산염암의 젖음성을 변화시키며 천천히 유동을 하고, 그 다음으로 주입된 알루미나 나노유체가 오일과 계면반응을 하면서 유동하기 때문에 알루미나 나노유체를 먼저 주입했을 경우 보다 0.22 PV 지연되었다. 최종적으로 실리카 나노유체를 먼저 주입하였을 때 오일 회수율은 54.5%로 알루미나 나노유체를 먼저 주입한 경우(51.8%)보다 오일을 2.7% 더 회수한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 나노입자의 표면 특성이 다르기 때문에 주입 순서에 따라 breakthrough 시간에 영향을 미치며, 늦은 breakthrough는 오일 회수를 증가시켰다고 판단된다. 따라서 나노입자의 표면 특성에 따라 breakthrough를 지연시킬 수 있으며, 탄산염암에 나노입자 교차주입공법 적용 시 이 연구방법을 통해 나노유체의 순서를 선정할 수 있다.

이 성과는 대한민국 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2019R1I1A3A01060375).

국내 CCS 주입정 설계를 위한 미국 UIC Class VI 규정 분석

양정환, 운영탁, 송영수, 전성준, 김규현, 나운수, 김동현, 왕지훈*
한양대학교

Analysis of the Underground Injection Control Class VI Regulations for the CO₂ Injection Well Design in Korea

**Junghwan Yang, Youngtak Yoon, Youngsoo Song, Sungjun Jun, Kyuhyun Kim,
Yoonsu Na, Donghyun Kim, Jihoon Wang***

Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University

전 세계 온실가스 배출량 8위의 한국은 2030년 NDC(Nationally Determined Contribution), 2050년 탄소중립 등의 목표에 대비한 CCS(Carbon Capture and Storage) 수행을 위해 관련 연구개발 및 법령 법제화 등을 수행 중이다. CCS 수행 시 주입정은 CO₂ 누출 가능성이 가장 높기 때문에, 다양한 위험요소를 고려한 설계가 필수적이다. 미국의 경우, CO₂ 주입정을 지하 주입 컨트롤(Underground Injection Control; UIC) 프로그램에서 클래스 VI로 분류하여, 설계, 설치 및 운영 시 발생할 수 있는 문제점들을 방지하도록 규정하고 있지만, 우리나라의 경우 관련 규정이 미흡한 상황이다. 본 연구에서는 미국의 UIC 규정을 분석하고, 향후 우리나라에서의 주입정 설계 시 활용하고자 한다.

먼저, CO₂ 주입정을 신규로 시추하는 경우와 기존 생산정을 주입정으로 재활용하는 경우로 분류하였다. 신규 주입정의 경우, 케이싱, 튜빙, 패커, 시멘트 등 주입정 구성요소들의 손상 유발 인자, 방지 방안 및 지표/지하 차단 장치(Surface or Down-hole Safety System)를 고려해야 한다. 반면, 기존 생산정을 재활용하는 경우, 생산정 구성요소들의 강도와 호환성 및 완전성을 검토하여야 한다. 해양에서의 CO₂ 지중 저장을 계획하고 있는 우리나라의 경우, 주입정 구성요소들의 손상으로 인한 누출 가능성을 고려한 설계가 필수적이며, 특히 해저면과 지하의 차단 장치 설치가 필수적인 것으로 판단된다. 고갈 동해 가스전으로의 CO₂ 주입 설계 시, 기존의 생산정을 재활용하는 방안이 경제적으로 효율적이지만, 이 때 생산정 구성요소들의 강도, 완전성을 충분히 고려해야 할 것으로 판단된다. 본 연구의 결과는 향후 국내 CCS 수행을 위한 CO₂ 주입정 설계 시 참고 자료로 활용될 수 있을 것이라 기대한다.

사사

본 연구는 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원(No.2021060002, 디지털오일필드)과 2022년도 정부(교육부, 산업통상자원부)의 재원으로 K-CCUS 추진단의 지원(KCCUS20220001, 온실가스감축 혁신인재양성사업)을 받아 수행된 연구입니다.

참고문헌

- [1] Office of Water, Underground Injection Control (UIC) Program Class VI Well Construction Guidance, United States Environmental Protection Agency, (2012)

Investigation on Critical Parametric Dependencies to Enhance CO₂ Residual and Solubility Trapping Mechanism

Joseph Iranzi, Hanam Son*

Pukyong National University

Abstract

CO₂ is captured from its anthropogenic sources and disposed into the underground formation (e.g., deep saline aquifer). Therefore, it exhibits different trapping mechanisms, but residual and solubility trapping is the most effective. Understanding CO₂ solubility and residual trapping governing parameters enhance significant practical CO₂ storage. This study investigates the parameters that affect the CO₂ residual and solubility trapping.

(I) Engineering design parameters: (a) Brine water injection mechanism; the brine can be extracted from the formation, providing space for CO₂ storage and reducing pressure build-up. After that, water can be re-injected to improve the CO₂ residual and solubility trapping. Injecting the brine on the top of the CO₂ plume or brine alternatively with CO₂ (water alternative gas (WAG)) improves CO₂ dissolution, accelerating the solubility trapping. (b) Injection well completion technique; using a horizontal injection well increases aquifers' injectivity and capacity; well perforation affects solubility and residual trapping (e.g., the shorter perforate, the higher solubility and residual trapping). (c) CO₂ injection strategy; the high injection rate increases the CO₂ dissolution rate; however, it drastically affects the near-well pressure build-up. Injecting CO₂ in the aquifer bottom (known as the inject-low-and-let-rise strategy) improves CO₂ trapping by permitting the continuous migration of CO₂ due to the effect of buoyancy and retard the vertical movement to the seal. (d) Mixing CO₂ with impurities, the presence or addition of some impurities to the injected CO₂ affects the trapping mechanism (e.g., the presence of the CH₄ impurities in the injected CO₂ improves solubility trapping; however, it impedes residual trapping).

(II) Aquifer parameters; (a) Formation thickness: The shallow formation presents efficient contact with injected CO₂ and brine, which improves CO₂ dissolution. (b) Permeability anisotropy: the high permeability impedes the residual and solubility process. Also, the low vertical-to-horizontal permeability ratio increases the CO₂ dissolution of CO₂ (due to improved CO₂ horizontal movement). (c) Temperature: the aquifer temperature affects solubility and residual trapping (e.g., Cold aquifers provide the largest storage capacity, whereas warm aquifers have the least storage capacity). (d) Brine salinity: low-salinity formations offer greater storage efficiency than high-salinity formations. In short, considering parametric factors that affect CO₂ storage in the geological formation. Understanding engineering-related parametric elements provide a pathway to optimize CO₂ storage. At the same time, aquifer parameters lead to a better selection of the CO₂ storage area and how it can be engineered for efficient storage.

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. NRF-2022R1F1A1075117)

에너지 이용 효율 개선을 위한 열에너지 서비스 사업 개발 필요성 연구

김우호, 김태헌
씨엔씨티에너지

A study on the Necessity of Developing a Thermal Energy Service Business to Improve Energy Use Efficiency

Wooho Kim, TaeHeon Kim
CNCITY Energy

요 약

최근 수급 불안정으로 인한 에너지 대란과 온실가스 배출 저감 정책 추진으로 에너지의 효율적 이용을 위한 사업 및 기술 개발이 중요성이 강조되고 있다. 이에 정부는 에너지이용합리화법을 제정하고 이에 근거한 에너지이용합리화기본계획을 수립하여 에너지의 수급 안정과 합리적이고 효율적인 에너지 이용을 위한 관련 정책 및 사업을 추진하여 왔다.

그러나 에너지 이용 효율화 정책 및 사업은 에너지 공기업 중심으로 사업이 추진되고 있다. 추진되는 사업 중 효율향상사업의 경우 에너지공기업의 고효율기기 및 설비투자로 사업이 추진되고 있으며, 부하관리사업은 전력산업 중심으로 사업 및 기술 개발이 이뤄지고 있으며, 가스 및 열 분야는 요금제 조정으로 대응하고 있어 사업 및 기술 개발을 통한 적극적인 대응이 시급한 상황이다.

이에 본 연구에서는 국내 에너지 이용 효율 개선을 위한 사업 현황을 분석하고, 이를 기반으로 가스 및 열 에너지의 이용 효율을 개선하기 위한 사업 개발 필요성을 제시하고자 한다. 특히 전력산업 분야의 사업모델을 분석하여, 이를 가스 및 열에너지 분야로 확대 적용하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

고압LNG펌프의 기계적 건전성 평가

김준호 · 고재필 · 김영완 · 최원목 · 권순길
한국가스공사 가스연구원

A Mechanical Integrity Evaluation of High Pressure LNG Pump

Joon-Ho, Kim · Jae-Pil, Ko · YoungWan, Kim · Won-Mog, Choi · Soon-Gil, Gwon
Research Institute, Korea Gas Corporation

요 약

장기간 운영하고 절차를 통해 제각이 완료된 3기의 고압LNG펌프 주요 부품에 대해 비파괴 검사 및 재질평가를 수행하여 기계적 건전성 평가를 수행하였다. 건전성 평가를 위해 펌프의 주요부품에 대한 비파괴검사를 ASME SEC.V(NONDESTRUCTIVE EXAMINATION)에 따라 수행하였으며 육안검사(Visual Testing), 침투탐상검사(Penetration Testing), PAUT탐상검사(Phased Array Ultrasonic Testing) 등을 통하여 상세히 검사하였다. 그리고 펌프 주요부품의 기계적 성질 분석을 위해 인장시험(ASTM E 8)과 경도시험(ASTM E 92)을 수행하였으며 이 때 발생한 시편과 추가로 제작한 주요부품의 시편을 이용하여 금속조직분석을 ASTM E 1351에 따라 수행하였다.

인장시험은 3기의 펌프에서 가장 고응력을 받을 것으로 예상되는 2단 임펠러와 가장 응력이 적을 것으로 예상되는 C펌프의 9단 임펠러에 대해 수행하였고 각 임펠러의 Upper Shroud부에서 원주방향 1개, 반경방향 2개의 시편을 Sub-size 시편으로 제작하여 수행하였다.

육안검사 및 비파괴검사 등을 통해 밸런싱 목적의 폴리싱 흔적외에는 유의미한 표면 결함 지시는 발견되지 않았다. 또한 캐비테이션에 의한 표면손상은 전체면적 대비 5% 미만으로 발견되어 현재 펌프의 임펠러는 캐비테이션 손상의 초기 단계로 판단되었다. 인장시험결과 원재료의 물성치를 상회하는 기계적 성능이 나타났으며 인장시험 파단면의 전자주사현미경 관찰결과, 기공으로 추정되는 작은 크기의 Porosity를 발견할 수 있었다.

천연가스 생산기지 주요 설비의 고장모드 및 영향분석 연구

김영완*, 김준호*, 서승희**, 고재필*
*한국가스공사 가스연구원, ** (주)ATG

Research of Failure Mode and Effect Analysis in Gas Facility for LNG Receiving Terminal

Young Wan, Kim, Joon Ho, Kim, Seung Hee, Suh*, Jae Pil, Koh
*KOGAS Research Institute, *ATG Co. Ltd.*

요 약

한국가스공사는 LNG를 해외로부터 선박을 이용하여 전량 수입하여, 초저온 상태의 액체로 저장탱크에 보관하고 있으며, 발전소, 공장, 가정의 수요에 따라 LNG를 기화시켜 배관망을 통해 전국에 가스로 공급하고 있다. LNG 저장탱크에 저장된 LNG는 탱크 내 1차 펌프에 의해 재액화설비로 이송되고, 재액화설비에서 2차 펌프로 보내진 LNG는 약 7.8 Mpa의 압력으로 승압되어 고압 기화기로 공급된다. 가스설비의 유지보수 방법(Maintenance)은 설치 초기 이후 고장이 줄고, 시간이 지남에 따라 고장이 늘어간다는 가정 하에 실시되는 시간기준 유지보수(TBM, Time Based Maintenance)를 수행하고 있으나, 미국 UAL(United Airlines) 등의 고장 자료 등을 살펴보면 시간에 따른 열화보다는 시간과 무관한 무작위 고장(Random Failure)이 주를 이루고 있다고 발표되고 있다. 이에 따라 천연가스 생산기지의 주요 설비에 대한 유지보수 방법 전환 검토를 위하여 주요 설비 중 하나인 고압 LNG 2차 펌프에 대한 고장모드 및 영향분석(FMEA, Failure Mode & Effect Analysis)를 수행하였다. FMEA는 부분요소의 고장형태를 서브시스템에서 시스템으로 고장의 요인을 예측하는 방법으로, 시스템을 구성하는 기기 혹은 부품 등이 어떤 고장을 발생하였을 때, 그 고장이 시스템에 어떠한 영향을 주는 가를 해석하여, 큰 영향을 미치는 기기 혹은 부품을 추출하는 기법이다. 이를 위해 현장 data, 제조사 매뉴얼 등을 이용하여 2차 펌프의 경계조건과 운영상황으로부터 운전 상태별로 기능을 도출하고 이에 따른 고장의 형태를 구분하였다. 타 산업군 Library, 과거 고장이력, 연구 사례 등을 활용하여 고장 원인 부위, 원인 발생 현상, 고장 발생 과정 등을 분석하였다. 이를 바탕으로 향후 정비 업무 결정 및 수행기준을 작성하고 CBM(Condition Based Maintenance) 도입 제한 상황 등의 추가 연구가 수행될 예정이다.

유럽 천연가스 위기와 글로벌 LNG 전망

정민서, 김학성

GS건설, 그랑 서울 (03159) 서울시 종로구 종로 33

Natural Gas Crisis in Europe and Global LNG Outlook

Minseo Jeong, Haksung Kim

GS E&C, Gran Seoul, 33 Jongno-gu, Seoul 03159, Korea

요 약

러시아의 우크라이나 침공 이후 전세계 에너지 위기가 지속되고 있는 가운데, 최근 진행된 러시아의 유럽 천연가스 공급 중단 선언 및 노르트스트림-1 폐쇄 사태로 인해 유럽의 에너지 위기는 매우 심각한 상황에 직면한 상태이다. 각국의 에너지 절감 노력에도 불구하고 현재의 천연가스 비축량으로 유럽의 남은 겨울을 모두 소진하기에는 부족한 상황이며, 러시아의 가스 공급 중단이 장기화 될 경우 결국 천연가스의 가격 상승과 공급 부족은 필연적인 결과로 다가 올 것으로 예상된다.

비상사태를 맞은 유럽은 석탄 화력 발전량 증대 등 에너지 위기를 진화하기 위한 자구책 마련에 온 힘을 기울임과 동시에 천연가스 탈(脫)러시아를 위한 LNG 수입 인프라 구축을 대폭 확대할 계획이다. 탄소 중립 에너지로서의 천연가스 사용은 지속 증가할 것으로 예상되는 가운데 현재의 에너지 위기로 인해 향후 LNG 개발은 더욱 가속화 될 전망이다. 관련하여 최대 수출국으로 이야기되는 미국을 포함, 약 100MTPA 이상의 LNG 플랜트가 최종투자결정(FID)을 대기 중이며 조기 LNG 수입 시설 확충을 위한 FSRU 수요 또한 급증하고 있다.

유럽의 기후 변화 대응 및 탄소 중립에 대한 관심과 노력은 지속될 것이나, 현재의 에너지 위기 해결을 위하여 천연가스가 에너지 전환을 위한 연료로서의 역할이 강화 될 것으로 추정되며 ‘30년까지 천연가스 신규설비 투자가 매우 활발하게 진행될 전망이다.

※ 감사의 글: 본 연구는 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원(과제번호: 21ATOG-C161932-01)을 받아 수행 중이다.

멤브레인형 Closed Mock-up Tank 설계 및 제작 I

윤용근, 오병택, 김영균, 임기호
한국가스공사 가스연구원

The Design and Fabrication of Membrane type Closed Mock-up Tank

Y.K.YOON, B.T.OH, Y.K.KIM, K.H.YIM
KOGAS RESEARCH INSTITUTE

LNG 선박에서 중요한 기술인 초저온의 액체 화물을 격납하는 LNG 화물창은 선박의 구조와 일체화되는 멤브레인 타입 탱크와 선박의 구조와 독립되어 지지구조로 받쳐서 제작되는 독립형 탱크로 구분되며, 멤브레인 탱크는 많은 용량을 적재할 수 있어 우리나라 주력 수출 상품인 대형 LNG 선박에 적용되고 있으며, 주름진 멤브레인을 적용하여 슬로싱 효과 감소 및 극저온 유체에 의한 열수축에 대응하는 장점을 갖는다.

LNG 시장은 Gaztransport & Technigaz(GTT) 의 Mark III, GT No.96이 전체 LNG 선박 화물창 시스템의 약 81%를 차지하고 있으며 앞으로 LNG선박 발주량이 지속적으로 증가될 것으로 예상되고 있다. 한국형 화물창(KC-1)은 현재 전 세계 LNG선박 시장을 석권하고 있는 GTT사 대비 건조비용이 10~15% 전도 높게 형성되어 있어 비용 절감을 위해 추가 연구가 필요한 상황이다. KC-1 시스템을 구성하는 주요 기자재인 멤브레인의 소재비 절감, 멤브레인 표준화 설계로 제작 효율성 향상, 단열시스템 구조 최적화 그리고 시공 효율 향상으로 비용 절감을 한다면 충분한 경쟁력을 확보할 수 있을 것이다.

이 논문은 새롭게 LNG 선박에 적용하기 위한 KC-2 멤브레인 시스템의 안전성을 검증하기 위해 연구한 내용과 Closed Mock-up Tank(CMT) 제작 현황에 대해 설명하고자 한다. KC-2 멤브레인 시스템은 KC-1 멤브레인 시스템 대비 경제성 및 성능을 높이고자 개발에 착수하여 멤브레인 두께, 평판 단열시스템의 앵커 구조 및 코너 단열시스템의 앵커 구조의 개선 등을 목표로 연구를 수행하였다.

본 연구에서 멤브레인 시스템은 멤브레인의 두께 및 형상 개선, BOR을 낮추기 위한 단열재 두께 증가에 따른 문제점 개선 및 평판 단열시스템과 코너 단열시스템 경량화를 위한 멤브레인 고정용 앵커구조 개선 등의 개발을 완료하였다. 개발된 KC-2 멤브레인파 단열시스템은 유한요소 해석을 통해 1차 검증을 완료하였고 이를 활용하여 CMT 설계 및 제작을 진행하였다. CMT 저온 실험은 LN2를 사용하여 3회 Cool-down을 진행하였다. 멤브레인의 거동을 분석하기 위하여 Strain-gauge를 내부에 부착하여 저온 환경에서 개선된 KC-2 멤브레인의 경향성을 파악하고 두께가 증가된 단열재 내부와 HULL에 온도센서를 부착하여 온도의 변화를 확인할 예정이다. CMT 저온 실험을 통해 얻어진 결과와 해석을 통해 얻어진 결과를 비교 분석하여 LNG 선박 설계에 활용 할 계획이다.

감사의 글 : 본 연구는 산업통상자원부/한국산업기술평가관리원 '시장경쟁력 확보를 위한 BOR 0.07% 이하의 LNG 선박용 화물창 개발 (20012875)' 과제의 지원을 받아 작성되었습니다.

LNG플랜트 엔지니어링 운영 데이터베이스 플랫폼 개발

홍재민, 고정훈, 윤형준*

* (주)유틸이씨

Development of Engineering Operation Data Platform for LNG Plant

JaeMin Hong, JungHoon Ko, Hyungjoon Yoon*

* UTEC Co., Ltd.

요 약

독일의 지멘스는 매일 실제 공정에서 5,000만 개의 공정 운영 데이터를 수집하고 이를 인공지능과 빅데이터를 활용하여 디지털 트윈 형태의 가상의 공장 모델을 운영하고 있다. 지멘스는 이 가상의 공장에서의 시뮬레이션을 통해, 공정개선 방안을 실제 공정에 적용하기 전에 그 개선방안의 오류 여부를 사전에 검증하고 있다.

전자제품 공정뿐만 아니라 가스 플랜트에서도 가상플랜트의 요구는 커지고 있다. 전 세계적으로 가스 플랜트가 대형화/복합화되고 신규 플랜트도 증가하는 추세이다. 이에 따라 최근 인공지능과 빅데이터, 그리고 디지털 트윈 등을 융복합하여 플랜트 사고를 최소화하려는 가상화플랫폼 개발이 활발하다.

본 연구는 2024년까지 한국가스공사 인천생산기지 내에 구축된 KSMR방식의 LNG 테스트베드에서 LNG 플랜트의 가상화에 필요한 LNG플랜트 엔지니어링 운영 데이터베이스 플랫폼과 설비 데이터베이스 개발을 목적으로 한다.

본 연구는 엔지니어링 운영 데이터와 설비 데이터를 정형화하여 플랫폼으로 개발하고 있으며, 해당 플랫폼은 본 연구의 공동연구기관에서 개발하고 있는 가상화 플랜트의 데이터와 비교 검증할 수 있을 것이다.

본 연구는 2021년에 LNG 플랜트 운영 데이터플랫폼을 설계하고, 2022년에는 운영 데이터플랫폼을 우선 개발하여, 동 년 10월 초에는 한국가스공사의 LNG 테스트베드의 MSRT(Motor Solo Run Test) 중에 발생한 운영 데이터를 숫자 및 그래픽 형태로 가시화하는 것을 검증한 바 있다.

본 연구는 2023년에 설비 데이터베이스를 개발함으로써, 운영 데이터와 설비 데이터가 플랫폼으로서의 완성도를 높이고 향후 가상플랜트 개발의 기반이 되도록 할 예정이다.

※ 감사의 글: 본 연구는 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 (과제번호: 21ATOG-C161932-01)을 받아 수행 중이다.

사단법인 한국가스학회

2022년도 가을 학술대회 논문집

발행처 (사) 한국가스학회
서울특별시 강남구 도산대로8길 12 3층 329호
Tel : 02-445-4857 Fax : 02-445-4850
홈페이지 : www.kigas.or.kr

발행일 2022년 11월 17일

발행인 사단법인 한국가스학회 회장 정희용
