

2022년도 한국가스학회 봄 학술대회

- 일시 : 2022년 5월 26일(목) ~ 27일(금) (2일간)
- 장소 : 제주 오리엔탈호텔

본 사업은 기획재정부의 복권기금 및 과학기술정보통신부의 과학기술진흥기금으로 추진되어 사회적 가치 실현과 국가 과학기술 발전에 기여합니다.

This work was supported by the Korean Federation of Science and Technology Societies(KOFST) Grant funded by the Korean government.

2022년 한국가스학회 봄 학술대회 대회조직위원회

회장: 정희용(한국도시가스협회)

총괄위원장: 이근원(아주대학교)

조직위원장: 김의수(한국교통대학교)

조직위원

부회장

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

이사

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

감 사 : 하동명(세명대학교) 박태영(우리회계법인)

한국가스학회 2022 봄 학술대회 일정표

▶ 5월 26일(목)

시간	A 발표장 (일출홀)	B 발표장 (사라홀1)	C 발표장 (사라홀2)	D 발표장 (한라홀1)	E 발표장 (한라홀2)	F 발표장 (한라홀3)	포스터발표
12:00~18:00	등록(2F 등록데스크)						
13:00~17:00	특별세션 1	특별세션 2	특별세션 3	특별세션 4	특별세션 5	일반세션	포스터발표 P1
	복합에너지 허브 실증 R&D 기술개발	무탄소연료 발전 및 동력 시스템 기술 연구 현황	수소인프라 연구	도시가스	Energy Transition Initiatives for Hydrogen in Digitalization	분과별 구두발표	
		특별세션 6	액화수소 연구		일반세션	일반세션	
		수소버스 안전성 평가기술 및 장비개발			분과별 구두발표	분과별 구두발표	
	coffee break						
17:20~18:10	2F 일출홀	기조강연 수소산업의 전망과 발전 방향(수소융합얼라이언스 김성복 단장)					
		개회식 - 개회사: 한국가스학회 정희용 회장 - 축사: 산업통상자원부 에너지안전과 황윤길 과장					
		시상식					
18:10~	2F 한라홀	간담회(경품추첨행사)					

▶ 5월 27일(금)

시간	A 발표장 (일출출)	B 발표장 (사라홀1)	C 발표장 (사라홀2)	D 발표장 (한라홀1)	E 발표장 (한라홀2)	F 발표장 (한라홀3)	포스터발표
8:30~12:00	등록(2F 등록데스크)						
9:00~13:00	특별세션 7	일반세션	특별세션 8	특별세션 9	일반세션	일반세션	포스터발표 P2
	복합에너지 허브 실증 R&D 진행현황	분과별 구두발표	수소충전소 방호벽 안전성 평가 기술	도시가스	분과별 구두발표	분과별 구두발표	

※ 코로나19 상황에 따라 일정이 변경될 수 있습니다.

A-1.**특별세션1. 복합에너지허브 실증 R&D 기술개발**

A발표장		2022년 5월 26일(목), 14:00~17:00	
좌장 : 최경식(한국가스공사)			page
A01	14:00-14:20 (20')	복합에너지허브 에너지 공급 데이터를 활용한 경제성 분석 강일오 , 김형태, 김진욱, 박소진, 유현석, 최경식* 한국가스공사 가스연구원 수소기술연구소	41
A02	14:20-14:40 (20')	복합에너지 허브 실시간 모니터링 시스템을 통한 안전성 향상 방안에 관한 연구 임재용 , 김소현, 이경식, 김필종* 한국가스안전공사 가스안전연구원	42
A03	14:40-15:00 (20')	복합에너지허브 기반 마이크로그리드의 전력계통 안정화 방안 정기석 , 정태영 한국전력기술 전력기술원	43
A04	15:00-15:20 (20')	복합에너지 허브 연동 전기차 스마트 충전 스케줄링 알고리즘 손상우 , 박창운, 강지명, 이재조 한국전기연구원	44
	15:20-15:40 (20')	Coffee Break	
A05	15:40-16:00 (20')	국내 PAFC 기반 복합에너지 허브시스템의 성능 및 경제성 평가 박희진 , 이재승, 주현철** 인하대학교 기계공학과	45
A06	16:00-16:20 (20')	복합에너지 허브 전력계통 상세모델링 및 안정도 해석에 관한 연구 이종훈, 손다빈, 도혜민, 김성렬, 김기민, 한상욱 가천대학교	46
A07	16:20-16:40 (20')	다이나믹 시뮬레이션을 통한 복합에너지허브용 수소충전시스템 공정 최적화 설계 신봉근 *, 김형태, 최경식, 유현석** *한화파워시스템, **한국가스공사 가스연구원 수소기술연구소,	47
	16:40-17:00 (20')	종합 토론	

A-2.

특별세션7. 복합에너지허브 실증 R&D 진행현황

A발표장		2022년 5월 27일(금), 09:00~12:00	
좌장 : 김형태(한국가스공사)			page
A08	09:00-09:20 (20')	복합에너지허브 실증 현장 구축 현황 송근수 , 부경덕, 김동찬, 안용현, 이가을, 이제석* (주)금영이엔지	48
A09	09:20-09:40 (20')	복합 에너지 Hub 기반의 마이크로그리드 최적 운영 시스템 구축 오현호, 양성룡, 박창민* , 김형태**, 최경식** *그리드위즈, **한국가스공사	49
A10	09:40-10:00 (20')	수소 누출 특성 및 수소 충전소 충전기의 방폭에 관한 연구 단승균 , 윤익근, 정호진 한국가스공사 가스연구원	50
A11	10:00-10:20 (20')	Tri-gen(수소 생산 연료전지) 시스템 개발 김성훈 , 전동욱, 박미정, 전창성, 추연식, 박종훈, 문상진 두산퓨얼셀(주) R&D/신사업 본부	51
	10:20-10:40 (20')	Coffee Break	
	10:40-12:00 (80')	공정 회의 정부&공기업 R&D 협력사업 공정회의	

B발표장

B-1	· 주제: 특별세션2. 무탄소연료 발전 및 동력 시스템 기술 연구 현황 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00~15:00
B-2	· 주제: 특별세션6. 수소버스 안전성 평가기술 및 장비개발 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 15:10~17:10
B-3	· 주제: 일반세션. 수소 및 신재생가스 · 일시: 2022년 5월 27일(금), 09:00~11:45

B-1.**특별세션2. 무탄소연료 발전 및 동력 시스템 기술 연구 현황**

B발표장		일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00~15:00	
좌장 : 이선엽(한국기계연구원)			page
B01	13:00-13:20 (20')	암모니아 직접 활용 연료전지 기술 개발 현황 이선엽 , 박철웅, 김영상, 이상호, 김선엽, 최지선, 김용래 모빌리티동력연구실, 한국기계연구원	55
B02	13:20-13:40 (20')	암모니아 분해 및 분해가스 활용 기술 동향 이상호 모빌리티동력연구실, 한국기계연구원	56
B03	13:40-14:00 (20')	암모니아 혼소 엔진의 연소특성 연구 박철웅 , 오세철 한국기계연구원	57
B04	14:00-14:20 (20')	수소 연료를 적용한 소형 2행정 엔진의 성능 개발 김용래 , 김선엽, 최지선, 박철웅, 최영 한국기계연구원 모빌리티동력연구실	58
B05	14:20-14:40 (20')	고출력 고온 수전해 시스템의 경제성 분석 김영상 , 뚜안앵* , 이동근, 안국영 한국기계연구원, *과학기술연합대학원대학교	59
B06	14:40-15:00 (20')	수소 가스터빈 연료전환 연소기술 연구 현황 김민국 , 황정재, 이원준, 민경욱, 김한석 한국기계연구원	60

B-2.**특별세션6. 수소버스 안전성 평가 기술 및 장비 개발**

B발표장		일시: 2022년 5월 26일(목), 15:10~17:10	
좌장 : 이동훈(한국가스안전공사)			page
B07	15:10-15:25 (15')	LSTM 모델을 이용한 수소 버스의 에너지 소비율 예측 모델 연구 이현미 , 장정아*, 김시우**, 류도정*** 아주대학교 교통공학과, *아주대학교 TOD기반 지속가능 도시·교통 연구센터, **한국교통안전공단 자동차안전연구원, ***한국폴리텍VII 대학	61
B08	15:25-15:40 (15')	고압가스용기 장착 대형상용차의 측면충돌 유형에 따른 연료장치 가속도 분석 인정민 , 김희철, 김시우, 심소정, 장형진, 류도정* 자동차안전연구원, *한국폴리텍VII 대학 부산캠퍼스 자동차과	62
B09	15:40-15:55 (15')	수소버스 실차 성능평가 기반 파워플랜트 시험법 연구 이호식 , 신석원, 전현진*, 김광일*, 김용훈** 테너지, *자동차안전연구원, **충남대학교	68
B10	15:55-16:10 (15')	전기자동차 모터에서의 튜닝 요소에 따른 성능 및 안전성 분석 김용훈 , 박재경, 이호식*, 전현진** 충남대학교, *테너지, **한국교통안전공단 자동차안전연구원	69
B11	16:10-16:25 (15')	THz 파를 이용한 Type IV 수소 내압용기 플라스틱 라이너 비파괴 검사 장혜림*, 이은송**, 강래형*** *전북대학교 메카트로닉스공학과, LANL-JBNU 한국공학연구소, **전북대학교 유연인쇄전자공학과, LANL-JBNU 한국공학연구소, ***전북대학교 유연인쇄전자공학과메카트로닉스공학과, LANL-JBNU	70
B12	16:25-16:40 (15')	복합소재 압력용기의 적층 조건에 따른 내압 성능 특성 해석 연구 이용우 신한대학교 기계자동차융합공학과	71
B13	16:40-16:55 (15')	대용량 압축수소저장용기의 평가를 위한 설계사양 도출에 관한 연구 이동훈 , 전호병, 하기역, 정찬호, 양윤영 한국가스안전공사 가스안전연구원	72
B14	16:55-17:10 (15')	CFRP 소재의 낙하 충격하중에 대한 실험과 시뮬레이션을 통한 물성치 추정 이현주 , 허덕재, 공만식, 이동훈*, 고동신 고등기술연구원, 한국가스안전공사 가스안전연구원	73

B-3.

수소 및 신재생가스

B발표장		2022년 5월 27일(금), 09:00~11:45	
좌장 : 강승규(한국가스안전공사)			page
B15	09:00-09:15 (15')	대면적 솔리덴 촬영기법을 활용한 수소 확산 가시화에 관한 연구 김승환, 허승건, 이재진, *김광석 한국가스안전공사 화재폭발연구부	74
B16	09:15-09:30 (15')	액화수소 제조 및 저장 공정에 대한 위험성 분석 신단비, 서두현*, 이광원**, 김태훈***, 홍성철*** 호서대학교 안전공학과, *피에스피, **호서대학교 안전소방학부, ***호서대학교 안전공학과	75
B17	09:30-09:45 (15')	수소연료전지 자동차에 대한 누출규모 별 사건수 분석 연구 이동민, 서두현*, 이광원**, 김태훈 호서대학교 안전공학과, *피에스피, **호서대학교 안전소방학부	76
B18	09:45-10:00 (15')	수소 압력용기 재검사 기술의 음향방출시험 적용 타당성 분석 신동호, 이민경, 김정환, 이재훈 한국가스안전공사 가스안전연구원	77
B19	10:00-10:15 (15')	액화수소 기술 동향 및 안전기준 개발 현황 강승규, 김혜림 한국가스안전공사 가스안전연구원 수소연구실	78
B20	10:15-10:30 (15')	수소 전기 트램 실증을 위한 충전 시설의 안전성 확보에 관한 연구 이효렬 한국가스안전공사 가스안전연구원	79
B21	10:30-10:45 (15')	고압가스용 저장탱크 및 압력용기에 대한 내수소취성 성능평가에 관한 검사기준 분석 임원설, 이재진, 류영돈 한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터	80

B-3.

수소 및 신재생가스

B발표장		2022년 5월 27일(금), 09:00~11:45	
좌장 : 강승규(한국가스안전공사)			page
B22	10:45-11:00 (15')	수소 감응물질 조성 및 촉매 성분비율 변화에 대한 수소 센서의 성능시험 연구 <u>임성진</u> , 임원섭, 류영돈 한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터	81
B23	11:30-11:45 (15')	수소충전소용 고압수소배관 제조기술 <u>오윤석</u> 포항산업과학연구원	82

C발표장

C-1	· 주제: 특별세션3. 수소인프라 연구 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00~15:00
C-2	· 주제: 특별세션3. 액화수소연구 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 15:00~17:15
C-3	· 주제: 특별세션8. 수소충전소 방호벽 안전성 평가기술 · 일시: 2022년 5월 27일(금), 09:00~12:40

C-1.

특별세션3. 수소인프라 연구

C발표장		일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00~15:00	
		좌장 : 오정석(한국가스안전공사)	page
C01	13:00-13:10 (10')	수소경제 활성화를 위한 수소안전 생태계 분석 한주연 , 조호연, 탁송수 한국가스안전공사 수소안전기술원	85
C02	13:10-13:20 (10')	수소 품질검사 수수료 지원사업 효과성 분석 및 향후 운영방안에 대한 고찰 박정호 , 이효렬, 이인우, 탁송수 한국가스안전공사 수소안전기술원	86
C03	13:20-13:30 (10')	연구용 수소충전소 정량적 위험성평가에 관한 연구 김부승 , 김혜림, 조충희 [†] , 오정석 한국가스안전공사 가스안전연구원	87
C04	13:30-13:40 (10')	국제표준협력 기반구축 방안에 관한 연구 김혜림 , 강승규 한국가스안전공사 가스안전연구원	88
C05	13:40-13:50 (10')	대형 수소상용차용 멀티포트 기술개발에 관한 연구 서유림 , 조충희 한국가스안전공사 가스안전연구원	89
C06	13:50-14:00 (10')	수소충전소 실시간 위험등급평가에 관한 연구 송유라 , 김동환, 조충희 한국가스안전공사 가스안전연구원	90
C07	14:00-14:15 (15')	튜브트레일러용 대용량 Type4 복합용기 안전기준 개발 연구 정현도 , 이동현 한국가스안전공사 가스안전연구원	91
C08	14:15-14:30 (15')	정량적위험성평가를 이용한 이동식수소충전소 안전성에 관한 연구 김동환 , 조충희 한국가스안전공사 가스안전연구원	92
C09	14:30-14:45 (15')	토우프리프레그 적용된 압축수소 운송용 비금속라이너 복합재료 용기의 안전성 평가에 관한 연구 이동현 , 오정석, 유방현 한국가스안전공사 가스안전연구원	93
C10	14:45-15:00 (15')	액화수소 핵심부품 평가기술 및 기준개발 연구 황복찬 , 조충희 [†] , 오정석, 유방현 한국가스안전공사 가스안전연구원	94

C-2.

특별세션3. 액화수소 연구

C발표장		일시: 2022년 5월 26일(목), 15:00~17:15	
		좌장 : 오정석(한국가스안전공사)	page
C11	15:00-15:15 (15')	액화수소 충전소 핵심부품/시설 안전기술 개발 및 활용방안 문종삼 한국에너지기술평가원	95
C12	15:15-15:30 (15')	액화수소 저장탱크, 압력용기류의 진공·단열 성능평가 타당성 분석 김필중, 최영주, 이경식 한국가스안전공사 가스안전연구원	96
C13	15:30-15:45 (15')	액화수소 핵심부품 성능검사기술 및 안전기준개발 연구 조충희, 황봄찬, 오정석, 유방현 한국가스안전공사 가스안전연구원	97
C14	15:45-16:00 (15')	액화수소 저장장치의 진공단열성능 평가기술 연구 오진식, 신이철, 김병국, 하세웅 (주)에스티티	98
C15	16:00-16:15 (15')	액화수소 핵심부품 성능검사를 위한 시험절차서 개발 및 수치해석 연구 윤정환, 오승준 동아대학교 산학협력단	99
C16	16:15-16:30 (15')	극저온 진공단열 배관 및 탱크류 단열성능 평가기술연구 차건중, 김형천, 김경수, 김대성 (주)대창솔루션, (주)크리오스	100
C17	16:30-16:45 (15')	수소충전소 설계 및 운전 안전성 검증 사전 진단프로그램 개발 이진우, 최진혁, 신상봉 한국가스기술공사 신에너지연구원	101
C18	16:45-17:00 (15')	액화수소 충전소 구축연계 안전성평가/실증 및 안전기준 개발 서정수, 이아영, 이호성, 나광호† 한국가스기술공사 신에너지연구원	102
C19	17:00-17:15 (15')	상용수소전기차 액체수소저장시스템용 요소기능부품 기술개발 연구 남충우, 박장훈, 이호길 한국자동차연구원 수소모빌리티연구본부	103

C-3.

특별세션8. 수소충전소 방호벽 안전성 평가기술

C발표장		일시: 2022년 5월 27일(금), 09:00~12:40	
		좌장 : 김광석(한국가스안전공사)	page
C20	09:00-09:20 (20')	수소충전소 종류별 방호벽 설치기준 분석 류영돈, 양윤영, 임원섭, 이재진 한국가스안전공사 가스안전연구원	104
C21	09:20-09:40 (20')	국내 수소충전소 방호벽 설치현황 조사 박수빈, 김진석, 박달재* 서울과학기술대학교 일반대학원 안전공학과, 서울과학기술대학교 공과대학 안전공학과*	105
C22	09:40-10:00 (20')	수소충전소 보호시설과의 안전거리 검증을 위한 수소혼합가스 폭발 실증시험 설계 이주현, 이현우, 조재근, 김광석 한국가스안전공사 화재폭발연구부	106
C23	10:00-10:20 (20')	수소충전소 방호벽 폭발 실증시험에 대한 구조 안전성 해석 연구 김정훈 ¹ , 김광석 ² , 이경식 ¹ 한국가스안전공사 가스안전연구원 ¹ , 한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터 ²	107
C24	10:20-10:40 (20')	근거리 내부폭발 발생 시 폭발압력 및 인근 구조물의 거동 분석 박상우, 김국주, 박영준 육군사관학교 토목환경학과	108
	10:40-11:00 (20')	coffe break	
C25	11:00-11:20 (20')	고압 수소용기 폭발 방호벽 설계를 위한 전산해석 연구 오창보, Dinesh Myilsamy 부경대학교 시스템경영·안전공학부 안전공학전공	109

C-3.

특별세션8. 수소충전소 방호벽 안전성 평가기술

C발표장		일시: 2022년 5월 27일(금), 09:00~12:40	
좌장 : 김광석(한국가스안전공사)			page
C26	11:20-11:40 (20')	액화수소충전소 폭발사고 피해 예측 방법론 연구 강형석, 김상민, 최근상, 김대희, 김종태 한국원자력연구원 지능형사고대응연구부	110
C27	11:40-12:00 (20')	머신러닝을 이용한 액화 수소 폭발 압력 예측 방법에 관한 연구 황지원, 박슬비, 이용준, 민현석 ㈜다한테크	111
C28	12:00-12:20 (20')	수소충전소 방호벽 설계를 위한 액화수소 화재폭발 시험 사고 시나리오 개발 한용식, 김명배, 듀이, 유화룡, 김태훈, 도규형, 최병일 한국기계연구원	112
C29	12:20-12:40 (20')	TNT 당량법을 활용한 콘크리트 방호벽에 작용하는 수소가스 폭발 해석 기초연구 김승원, 올리 토펜드라, 장태진, 박철우* 강원대학교 건설융합학부 토목공학전공	113

D발표장

D-1	· 주제: 특별세션4. 도시가스 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00~17:00
D-2	· 주제: 특별세션9. 도시가스 · 일시: 2022년 5월 27일(금), 09:00~11:40

D-1. 특별세션4. 도시가스

D발표장		일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00~17:00	
좌장 : 정인철(에스코)			page
D01	13:00-13:20 (20')	매몰형 밸브 홈관 내부 지하수 유입영향 분석을 통한 개선 방안 연구 김태강 , 최영상, 손현익 (주)경동도시가스	117
D02	13:20-13:40 (20')	지구정압기 바이패스라인의 전동식 유량조절밸브 자동화구축 방안 이재화 (주)부산도시가스	118
D03	13:40-14:00 (20')	안정적인 도시가스 공급을 위한 멀티통신컨버터 개발 강기수, 이도원, 이동선* 미래엔서해에너지, *제네럴지앤씨테크놀러지스	119
D04	14:00-14:20 (20')	안전문화 향상 및 사고 예방을 위한 안전문화 측정시스템 구축 전홍희 (주)해양에너지	120
D05	14:20-14:40 (20')	전기방식 Mapping System 구축/활용 (전기방식 관리 고도화) 이혁근 CNCITY에너지	121
	14:40-15:00 (20')	coffee break	
D06	15:00-15:20 (20')	CNG 충전기 고장진단 운전제어시스템 개발 손갑룡 , 손창민, 손현익 (주)경동도시가스	122

D-1. 특별세션4. 도시가스

D발표장			일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00~17:00
좌장 : 정인철(에스코)			page
D07	15:20-15:40 (20')	가스 AMI 보급확대에 따른 계량기 구조 및 성능 안전성 향상 방안 연구 이형민, 김민기, 최은일 JB주식회사	123
D08	15:40-16:00 (20')	천연가스 인프라를 활용한 수소 공급방안 현황과 시사점 연구 방유진 , 이수진, 정희용 한국도시가스협회	124
D09	16:00-16:20 (20')	도시가스 분배 부문 메탄 탈루 배출계수 개발 방법론 연구 민병무* , 박영구*, 김보식**, 김범수** *(주)에너지토피아, **한국도시가스협회	125
D10	16:20-16:40 (20')	도시가스 비대면 자율 안전점검에 대한 방안 오진택 , 김도균 모바일엔트로피(주)	126
D11	16:40-17:00 (20')	해외 사례를 통한 수소혼입이 가스시설에 미치는 영향 연구 허두강 , 허정, 김동영 한국도시가스협회	127

D-2.

특별세션9. 도시가스

D발표장		2022년 5월 27일(금), 09:00~11:40	
좌장 : 손현익(경동도시가스)			page
D12	09:00-09:20 (20')	도시가스 중간압(40kPa) 공급방식에 대한 고찰 <u>최승환</u> , 김성우 (주) 예스코	128
D13	09:20-09:40 (20')	건축물 철거공사 관리체계 및 인입배관 재사용 효율화 방안 <u>이지훈</u> (주)부산도시가스	130
D14	09:40-10:00 (20')	정압기 EVENT 감소방안 연구 <u>윤강욱</u> , 엄태준, 김기범, 이용우 JB주식회사	131
D15	10:00-10:20 (20')	GIS 공간 DATA 연계 기반의 SMART 안전관리 <u>마성우</u> (주) 예스코	132
	10:20-10:40 (20')	coffee break	
D16	10:40-11:00 (20')	NG 연소 배기가스 직접 이용 유기랭킨사이클 적용 연구 <u>김동춘</u> 영남에너지서비스(주)	134
D17	11:00-11:20 (20')	사고결과 분석을 통한 도시가스 폭발사고 피해 예측에 관한 연구 조동현, 김종경, <u>안정식</u> , 김지혜, 강수비, 유지훈 JB주식회사	135
D18	11:20-11:40 (20')	일본 가스산업의 전력시장 진출현황과 성장전략 연구 이수진, 허정, <u>노지용</u> 한국도시가스협회	141

E발표장

E-1	· 주제: 특별세션5. Energy Transition Initiatives for Hydrogen in Digitalization · 일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00-14:30
E-2	· 주제: 일반세션. 자원 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 14:35~17:05
E-3	· 주제: 일반세션. 안전환경/LP산업가스/설비이용/플랜트 · 일시: 2022년 5월 27일(금), 09:00-12:00

E-1.

특별세션5. Energy Transition Initiatives for Hydrogen in Digitalization

E발표장		일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00~14:30	
좌장 : 유선일(DNV)			page
E01	13:00-13:30 (30')	글로벌 에너지전환 전망 2021 유선일 , 고정훈*, 윤형준* 디엔브이코리아,*(주)유티이씨	145
E02	13:30-14:00 (30')	Synergi Gas를 활용한 수소 혼합 배관망 모델링 및 해석 이종수 , 주경민, 임노현 이노비아기술루션(주)	146
E03	14:00-14:30 (30')	수소액화플랜트 안전성 제고를 위한 대응방안 유선일 , 이정우 , 고정훈*, 윤형준* 디엔브이코리아, * 유티이씨	147

E-2.

일반세션. 자원

E발표장			일시: 2022년 5월 26일(목), 14:35~17:05
좌장 : 이영수(전북대학교), 권순일(동아대학교)			page
E04	14:35-14:50 (15')	LNG-FPSO에서 PVCap을 이용한 해저 파이프라인의 유동안정성 실험 및 전산해석 연구 송차영, 강인구, 조성학, 박경식, *이정환 전남대학교 에너지자원공학과	148
E05	14:50-15:05 (15')	물리검증 학습데이터 기반 GBDT 알고리즘을 이용한 음파검증 자료 예측 한동권, 김민수, 권순일 동아대학교 환경에너지공학부 미래에너지공학전공	149
E06	15:05-15:20 (15')	CO₂-WAG 공법의 효율 향상을 위한 나노유체의 활용 박혜리, 이병찬, *장호창* 강원대학교 에너지자원융합공학과, *강원대학교 에너지공학부	150
E07	15:20-15:35 (15')	블루수소 생산 연계 이산화탄소 처분활용을 위한 세일저류층 잠재력 이원석 한국지질자원연구원	151
E08	15:35-15:50 (15')	데이터기반 투과도 예측모델 개발을 위한 물리검증 자료 전처리 기법 연구 김민수, 안유빈, 김재윤, 한동권, 권순일 동아대학교 환경에너지공학부 미래에너지공학전공	152
E09	15:50-16:05 (15')	탄산염암 저류층에서 나노-스마트워터의 오일 회수증진 효과 분석 조성학, 송차영, 강인구, *이정환 전남대학교 에너지자원공학과	153
E10	16:05-16:20 (15')	전기공저퍼프(ESP)의 작동상태 모니터링을 위한 노달분석 활용 연구 Joseph Iranzi1, 손한암1, 왕지훈2 부경대학교 에너지자원공학과1, 한양대학교 자원환경공학과2	154

E-2.

일반세션. 자원

E발표장		일시: 2022년 5월 26일(목), 14:35~17:05	
좌장 : 이영수(전북대학교), 권순일(동아대학교)			page
E11	16:20-16:35 (15')	ESP 실험데이터의 머신러닝을 활용한 고장 진단 분석 송영수 , 전성준, 왕지훈 한양대학교 자원환경공학과	155
E12	16:35-16:50 (15')	탄산염암 저류층에서 하이브리드 저염수공법의 나노입자 영향에 대한 실험적 연구 한선이 ¹ , 사체티 플로리안 안드레아 ² , 이영수 ^{3*} 전북대학교 자원·에너지공학과 박사과정 ¹ , 전북대학교 자원·에너지공학과 석사과정 ² , *전북대학교 자원·에너지공학과 교수 ³	156
E13	16:50-17:05 (15')	Gaussian 압력 천이 기법을 활용한 CO₂ 지중저장 시의 저류층 용기 분석 연구 전성준 , 송영수, 김규현, 왕지훈 한양대학교 자원환경공학과	157

E-3.

안전환경/LP산업가스/설비이용/플랜트

E발표장		2022년 5월 27일(금), 09:00~12:00	
좌장 : 이일권(대림대학교), 신동일(명지대학교)			page
E14	09:00-09:15 (15')	자동차의 스티어링 시스템에 관련된 고장사례 고찰 이일권 , 국창호, 이정호, 함성훈, 김지현, 이재강, 한승민, 황우찬, 장대천, 유충상 대림대학교 미래자동차공학과	158
E15	09:15-09:30 (15')	국내 공해물질 배출총량 산정법의 타당성 검토 연구 하우석* , 이창언*, 조현석** 인하대학교 기계공학과*, 인하대학교 수소 기반 차세대 기계시스템 KIURI 연구단**	164
E16	09:30-09:45 (15')	3중효용 흡수식 냉난방기 상용화 및 보급효과 우성민 , 이수용*, 변경원** 삼중테크(주) 기술연구소	166
E17	09:45-10:00 (15')	개방형 가스온수기의 위험성 분석을 위한 실증 연구 이준희 , 김완구, 최성원, 남성현, 오동석, 이철우 한국가스안전공사	167
E18	10:00-10:15 (15')	증상지식추론, 자동번역 및 음성인식 기반의 화학물질 취급 및 초기대응 정보 제공 다국어 대화형 AI 이훈기* , 신동일** *명지대학교 재난안전학과, **명지대학교 화학공학과	168
E19	10:15-10:30 (15')	공정 지식 추출 및 지식베이스 구축 기반 플랜트 안전운전 절차 생성 시스템 박명남 (주) 모백스	170

E-3.

안전환경/LP산업가스/설비이용/플랜트

E발표장		2022년 5월 27일(금), 09:00~12:00	
좌장 : 이일권(대림대학교), 신동일(명지대학교)			page
E20	10:30-10:45 (15')	LNG 냉열을 이용한 액화공기 에너지 저장 시스템의 시뮬레이션 및 공정해석 <u>윤문균</u> , 이춘식, 엄충섭 고등기술연구원	171
E21	10:45-11:00 (15')	암모니아 가용전식 안전밸브의 실효성 확인을 위한 연구 <u>조혜진</u> , 이민경*, 이재훈** 한국가스안전공사 가스안전연구원	172
E22	11:30-11:45 (15')	인공지능 및 RBI 기술 연계형 스마트 가스사고관리시스템(GIMS) 개발 <u>이우귀연</u> , <u>홍승운</u> * 한국가스안전공사 재난관리처	173
E23	11:45-12:00 (15')	디지털 전환 기반 물입형 운전원 교육 프로그램(I-OTS) 개발 <u>이준서</u> , 장은희, 문명환, 마병철 전남대학교 화학공학과	174

F발표장

F-1	· 주제: 일반세션. 안전환경 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00-15:00
F-2	· 주제: 일반세션. 수소 및 신재생가스/정책 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 15:10~16:55
F-3	· 주제: 일반세션. 수소 및 신재생가스(수소생산/수소활용) · 일시: 2022년 5월 27일(금), 09:00~12:40

F-1.

안전환경

F발표장		일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00~15:00	
좌장 : 강찬규(한경대학교), 이근원(아주대학교)			page
F01	13:00-13:15 (15')	화학사고 통계분석을 통한 사고조사 대상 선정기준 마련 연구 박춘화 , 남근우, 김병훈, 황승을 화학물질안전원 사고대응총괄과	177
F02	13:15-13:30 (15')	플랜트 폭발설계하중 분포 및 정량적위험도 분석도구 개발 김성훈 , 방부형*, 김홍민** 네레이드안전컨설팅, *경기과학기술대학교, **테크에버	178
F03	13:30-13:45 (15')	Xe/Kr 생산을 위한 극저온 공정의 위험성 평가 이근원 *, 안광재, 손남정, 정승호*, 전상훈** 아주대학교 환경공학과, *아주대학교 환경안전공학과 교수, **티이엠씨(주)	179
F04	13:45-14:00 (15')	인화알루미늄 폭발 원인 분석 및 개선 대책 연구 남근우 , 박춘화, 김병훈, 황승을 화학물질안전원 사고대응총괄과	180
F05	14:00-14:15 (15')	세정방식에 따른 휘발성 유기화합물의 회수특성 전동환 , 민흥기, 정석우, 박훈민*, 윤달환** 고등기술연구원, (주)이엠솔루션*, 세명대학교**	181
F06	14:15-14:30 (15')	3D CFD 기술을 적용한 폭발사고 원인규명 사례 연구 김병훈 , 박춘화, 남근우 화학물질안전원	182
F07	14:30-14:45 (15')	LNG터미널의 폭발 시뮬레이션 방법론에 따른 폭발영향 분석 박소민 , 안광재, 민미미, 이근원*, 정승호*, 방부형** 아주대학교 환경공학과, *아주대학교 환경안전공학과, **경기과학기술대학교 에너지시스템과	183
F08	14:45-15:00 (15')	CFD 프로그램을 활용한 용·복합 충전소 저장설비 지하화에 따른 안전성 확보에 관한 연구 이관우 *, 강찬규*, 박병직*, 김상현** 한경대학교, 동양대학교	184

F-2.

수소 및 신재생가스/정책

F발표장		일시: 2022년 5월 26일(목), 15:10~16:55	
좌장 : 한정옥(에이블맥스)			page
F09	15:10-15:25 (15')	바이오가스 이용 그린수소 마더스테이션 실증 및 상업 운영 송형윤 , 장은석, 홍기훈 고등기술연구원	185
F10	15:25-15:40 (15')	농업부산물 기반 반탄화 및 가스화 연계 SOFC 열병합발전 시스템의 통합공정 설계 및 실증설비 구축 홍기훈 , 장은석, 황상연, 엄성현 고등기술연구원	186
F11	15:40-15:55 (15')	액체수소 이송을 위한 배관의 Cool-down 해석 이창열 , 심정연, 이정호 에이블맥스(주)	187
F12	15:55-16:10 (15')	천연가스 배관 내 수소 혼입 이송 유동 안정성 위험 평가 및 관리 사정훈 동아대학교 화학공학과	188
F13	16:10-16:25 (15')	수소충전소용 유량제어밸브(FCV)의 구조 및 피로 해석 최인호 , 김재형*, 정경현*, 최주혜*, 김한상* 가천대학교 일반대학원, *가천대학교 기계공학과	189
F14	16:25-16:40 (15')	ESG와 기업가치 영향 송형상 한국가스공사	190
F15	16:40-16:55 (15')	미시적 기법을 통한 장기도시가스 수요전망 이성로 한국가스공사 경제경영연구소	191

F-3.

수소 및 신재생가스(수소 생산)

F발표장		일시: 2022년 5월 27일(금), 09:00~11:00	
좌장 : 신동훈(국민대학교)			page
F16	09:00-09:15 (15')	탄소역배출 수소생산기술 신동훈 [†] 국민대학교 기계공학부	192
F17	09:15-09:30 (15')	천연가스를 이용한 소형 수소추출설비 개발 (10Nm ³ /h) 임채연 [†] , 박병욱, 박승용, 박상진 에이치엔파워(주)	193
F18	09:30-09:45 (15')	수소추출기 연계 연료전지 시스템 안전기준 개발 김수경, 추지안, 염지웅 [†] , 이정운 한국가스안전공사 가스안전연구원	197
F19	09:45-10:00 (15')	수소추출기 연계 연료전지 사용시설 안전기준 개발 연구 이재진, 김수경, 추지안, 염지웅 [†] , 이정운 한국가스안전공사 가스안전연구원	198
F20	10:00-10:15 (15')	암모니아 수소추출설비 안전기준개발을 위한 안전항목 분석 추지안, 김승겸, 염지웅 [†] , 이정운 한국가스안전공사 가스안전연구원	199
F21	10:15-10:30 (15')	재생에너지 연계 PEM 수전해 연구 문상봉 [†] , 셀리말, 양새롬 (주)엘캠텍	200
F22	10:30-10:45 (15')	재생에너지 기반 수전해설비 안전기준 개발 윤문상, 권준엽, 이재진, 이정운 [†] 한국가스안전공사 가스안전연구원	201
	10:45-11:00 (15')	Break Time	

F-3.

수소 및 신재생가스(수소 활용)

F발표장		일시: 2022년 5월 27일(금), 11:00~12:45	
좌장 : 이정운(한국가스안전공사)			page
F23	11:00-11:15 (15')	고체산화물 연료전지 기술개발 현황 박진아 [†] , 최성호 (주)미코파워	202
F24	11:15-11:30 (15')	두산의 건물용 연료전지 개발 동향 박정건 [†] (주)두산 퓨얼셀 파워 BU	203
F25	11:30-11:45 (15')	드론용 이동형 연료전지 기술개발 송정민 [†] , 공도연, 문준석, 송봉용, 박준호, 명재범, 한명성, 정용식 (주)두산모빌리티이노베이션	204
F26	11:45-12:00 (15')	비차량용 이동형 수소연료전지 시스템 개발 현황 박주연 , 곽부호, 김성진, 김영황, 박영철 [†] 현대모비스(주)	205
F27	12:00-12:15 (15')	건설기계 굴착기용 이동형 연료전지 안전기준 개발 연구 최재욱 , 임홍균, 조인록, 이정운 [†] 한국가스안전공사 가스안전연구원	206
F28	12:15-12:30 (15')	최대이륙중량 200kg급 비행체용 수소연료전지 시스템 개발 박영철 [†] , 임승택, 원종보 현대모비스(주)	207
F29	12:30-12:45 (15')	무인비행체용 이동형 연료전지 안전기준 항목 도출 이수환 , 조인록, 최재욱, 이정운 [†] 한국가스안전공사 가스안전연구원	208

포스터 발표.

포스터발표장		2022년 5월 26일(목), 13:30-16:00
좌장 : 김의수(한국교통대학교), 신원협(엔케이)		page
P1-01	탄소복합재용기 안전충전함의 내압파열시험 방법에 관한 연구 김태희 , 박현중, 김관우, 이동훈, 양윤영 한국가스안전공사 가스안전연구원	211
P1-02	수소 충전소 및 수소연료전지 차량 부품 국산화 개발 지원 연구 박진석 , 이동훈 한국가스안전공사 수소안전기술원	212
P1-03	내압용기 설계단계검사 방법과 내구성 개선 요인 파악 박현중 , 김태희, 김관우, 이동훈, 양윤영 한국가스안전공사 가스안전연구원	213
P1-04	수소버스용 TPRD 안전성 성능 평가를 위한 장비개발 및 시험 방법 서민형 , 이동훈, 정찬호, 심희준, 전호병, 양윤영 한국가스안전공사 가스안전연구원	214
P1-05	비금속 재료의 수소적합성 가속시험법 개발 연구 장문석 , 전호병, 이동훈 한국가스안전공사 가스안전연구원	215
P1-06	수소버스 대용량 CHSS 파열시험 성능평가 설비 및 파열파편 회수 편의성을 갖는 안전챔버 개발 전호병 , 이동훈, 정찬호, 서민형, 심희준, 양윤영 한국가스안전공사 가스안전연구원	216
P1-07	GTR No.13에 부합하는 TPRD 및 체크밸브 평가장비 개발 정찬호 , 이동훈, 서민형, 심희준, 전호병, 양윤영 한국가스안전공사 가스안전연구원	217
P1-08	수소 충전소 통신충전 안전성 평가를 위한 통신방법 연구 하기역 , 심근선, 심희준, 이동훈, 양윤영 한국가스안전공사 가스안전연구원	218

포스터 발표.

포스터발표장		2022년 5월 26일(목), 13:30-16:00
좌장 : 김의수(한국교통대학교), 신원협(엔케이)		page
P1-09	수소 연료전지 자동차용 Check Valve 설계에 관한 연구 김영우, 정우석, 이동건, 이행선, 김성준, 김현수 디케이락(주)	219
P1-10	수소 저장용기용 TPRD 설계에 관한 연구 이동건, 정우석, 김영우, 이행선, 김성준, 김현수, *이경완 디케이락(주), *블루마린	220
P1-11	700bar급 수소충전소 제어시스템용 레귤레이터 설계에 관한 연구 정우석, 김영우, 이동건, 이행선, 김성준, 김현수 디케이락(주)	221
P1-12	이산화탄소 지중저장 효율향상을 위한 나노첨가제 메커니즘 분석 송차영, 조성학, 강인구, *이정환 전남대학교 에너지자원공학과	222
P1-13	Hydrogen property calculation using correlation equations proposed by machine learning method 서효민, 박병홍* 한국교통대학교 화공생물공학전공	223
P1-14	실리카 나노입자의 표면개질을 위한 푸리에변환적외선분광 분석 장호창, 박혜리* 강원대학교 에너지공학부, *강원대학교 에너지자원융합공학과	224
P1-15	인공지능을 활용한 CO ₂ -물 용해도 예측모델 구축 한진주 ^{1*} , 이영수 ¹ , 김주현 ² ¹ 전북대학교 자원·에너지공학과 ² 서울대학교 에너지자원신기술연구소	225
P1-16	혼합 액체 탄화수소 안정성 평가 정윤성*, 이철호*, 이중완*, 이정민*, 배현길**, *김용두** *한국나노가스 나노기술연구소, **한국표준과학연구원 가스분석표준그룹	226

포스터 발표.

포스터발표장		2022년 5월 26일(목), 13:30-16:00
좌장 : 김의수(한국교통대학교), 신원협(엔케이)		page
P1-17	CFD 전산모사 방법을 활용한 대용량 수소탱크 충전을 평가 허승민, 박병흥 한국교통대학교 화공생물공학전공	227
P1-18	화학물질 반응성별 분리 보관 방안에 관한 연구 손남정, 김신의, 윤철희, 박소민, 이근원*, 김용필** 아주대학교 환경공학과, *아주대학교 환경안전공학과, ** 되고시스템	228
P1-19	탱크 용량에 따른 수소 충전 시 수소 저장 탱크 내 온도 및 유동 해석 김권수, 박병흥* 한국교통대학교 화공생물공학전공	229
P1-20	공기 조성의 저농도 이산화탄소 표준가스 개발 방법 이환, 강지환 이진복, 김용두, 배현길, 김진석 한국표준과학연구원	230
P1-21	수소 취성 시험 평가를 위한 수소 방출 방지용 비수계 아연(Zn) 도금 전준혁, 박상환, 장종관* 한국건설생활환경시험연구원, *에드캠투	231
P1-22	수소전기트램용 내압용기 기술기준 개발에 대한 연구 전재혁, 민주홍, 오동현 (재)한국화학융합시험연구원	232
P1-23	대규모 수소 지중 저장 기법 연구 김규현, 송영수, 전성준, 왕지훈 한양대학교	233
P1-24	암모니아 누출에 의한 사고피해 영향 범위와 안전대책 윤종빈, 김다희, 정승호†, 이근원 아주대학교 환경안전공학과	234

포스터 발표.

포스터발표장		2022년 5월 26일(목), 13:30-16:00
좌장 : 김의수(한국교통대학교), 신원협(엔케이)		page
P1-25	수소버스 구동 시스템 통합성능 평가장비 개발 손교은, 홍덕수, 백수민, 이민규, 김석진 지엔씨오토	235
P1-26	실리카나노유체에서 입자농도가 오일회수에 미치는 영향 손한암, Joseph Iranzi 부경대학교	236
P1-27	수소저장용기 개구부의 씰링 재료에 따른 기밀성에 관한 해석적 연구 김재형, 김혜원, 신재행, 김한상 가천대학교 기계공학과	237
P1-28	비전통 유·가스 저류층의 생산성 증진을 위한 ESP 및 튜빙 Flow loop 시스템 개발 및 적용 이승재 ^{***} , 최준호 ^{**} , '이정환' [*] 전남대학교 에너지자원공학과, ^{**} 광성지엠(주)	238
P1-29	수소충전소 과충전 방지를 위한 계량 불확도 실증 연구 최진영, 서호성, 이화영, 이재훈 한국가스안전공사 가스안전연구원	239

포스터 발표.

포스터발표장		2022년 5월 27일(금), 09:30-12:00
좌장 : 김의수(한국교통대학교), 신원협(엔케이)		page
P2-01	가스사고와 아차사고 간 상관관계 분석을 통한 사고감축 방안 마련 연구 김지환 한국가스안전공사	240
P2-02	가스보일러 배기가스 실내 유입에 따른 위험 분석 남성현 , 이준희, 김완구, 최성원, 오동석, 이철우 한국가스안전공사	241
P2-03	광속도 센서를 이용한 생산정 파이프 모니터링시스템 정호영 , 송주환, 최갑록 (주)백악지오이앤씨	242
P2-04	최근 10년간 국내외 수소 사고 사례 분석 이재진 , 임원섭, 류영돈 한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터	243
P2-05	벤트스택을 통한 고압 수소 분출·확산 연구 조재근 , 류영조, 류영돈 한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터	244
P2-06	수소·공기 혼합 비율에 따른 폭발 피해 영향에 관한 연구 허승건 , 김광석, 임원섭 한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터	245
P2-07	가스별 누출폭발시 방호벽에 따른 폭발압력 변화 연구 이현우 , 이주헌, 김광석 한국가스안전공사 화재폭발연구부	246

포스터 발표.

포스터발표장		2022년 5월 27일(금), 09:30-12:00
좌장 : 김의수(한국교통대학교), 신원협(엔케이)		page
P2-08	수소전기차 연료전지 성능 평가기준 연구 전현진 , 김광일, 이현우, 조성우, 이호식*, 김용훈** 한국교통안전공단 자동차안전연구원, *테너지, **충남대학교	247
P2-09	디젤-CNG 이중연료 희박 예혼합압축착화 연소기법에 따른 56kW 디젤엔진 최적화에 관한 연구 최진 , 남충우, 박장훈, 김예진, 이호길 한국자동차연구원	248
P2-10	터널 내 수소전기자동차 폭발 피해 저감을 위한 비상대피소 방화문 방폭성능 해석 김우진 , 남수현, 김의수* 한국교통대학교 법공학기술연구소	249
P2-11	용기재검사장 잔가스 누출로 인한 폭발사고에 관한 연구 신성완 한국가스안전공사 재난안전처	250
P2-12	유한요소해석을 활용한 액화수소 저장용기의 충돌 안전성평가 남수현 , 김우진, 김의수* 한국교통대학교 안전공학전공	251
P2-13	화학물질 유·누출 모니터링 설비 확인을 위한 데이터 구축방안 연구 김은희 , 이슬기, 마병철 전남대학교 화학공학과, 전남대학교 화학공학부	252
P2-14	공정안전관리(PSM)의 디지털 전환을 위한 지능형 통합플랫폼 구축에 관한 연구 안승효 , 오세현, 문명환*, 마병철* 전남대학교 화학공학과, 전남대학교 화학공학부	253

포스터 발표.

포스터발표장		2022년 5월 27일(금), 09:30-12:00
좌장 : 김의수(한국교통대학교), 신원협(엔케이)		page
P2-15	전기융합 이음관 내부 열전달 설계 모델 개발 및 검증에 관한 연구 이중화 , 서현석, 최정현 (주)폴리텍	254
P2-16	이중 체크밸브를 활용한 수소 연료전지 모빌리티용 리셉터클 개발에 관한 연구 최 진 , 남충우, 양준우*, 엄희동* 한국자동차연구원 수소모빌리티연구본부, *삼보모터스(주)	255
P2-17	연료전지 드론용 수소 용기밸브의 체크밸브 형상이 유량에 미치는 영향 최 진 , 남충우, 신용섭*, 김구호*, 김용기* 한국자동차연구원 수소모빌리티연구본부, *태광후지킨	256
P2-18	수소 실린더 밸브의 솔레노이드 기밀평가 유효성에 관한 연구 남충우 , 박장훈, 이호길, 김재광*, 김용기* 한국자동차연구원 수소모빌리티연구본부, *태광후지킨	257
P2-19	방폭기기 작업자 대상 자격제도 운영에 대한 연구 윤민혁* , 김준식*, 백신원**, 강찬규**** 한경대학교 사회안전시스템공학과	258
P2-20	사고 통계 기반 LPG 공급 시설의 안전성 향상에 관한 연구 이홍기 , 이효렬 한국가스안전공사 가스안전연구원	259
P2-21	고위험가스 밀집 시설에서 QRA와 근로자 위치를 연계한 작업 안전성 확보에 관한 연구 류지환 , 이효렬 한국가스안전공사 가스안전연구원	260

포스터 발표.

포스터발표장		2022년 5월 27일(금), 09:30-12:00
좌장 : 김의수(한국교통대학교), 신원협(엔케이)		page
P2-22	도너 & 어셉터 방식의 트레일러형 수소 충전시스템 개발 안강섭 , 신현길, 김명준* 범한산업(주), *연세대학교	261
P2-23	API 5L X70 가스배관의 모재 및 용접부 저주기 피로 특성 김철만 , 장윤찬, 김익중, 유정수, 백종현, 김영표 한국가스공사 가스연구원	262
P2-24	반도체 공정관리용 사불화규소(SiF₄), 포스핀(PH₃) 및 디보란(B₂H₆) 표준가스 안정도 평가 김선우 , 김병문, 오상협, 정진상, 허건 한국표준과학연구원	263
P2-25	수소 테라피 장치의 불순물 평가 김상우***, 베니 트리스나* , 김동겸*, 이정순* *한국표준과학연구원, 온실가스표준팀, **성균관대학교, 에너지과학과	264
P2-26	방폭기기 작업자 대상 자격제도 운영에 대한 연구 윤민혁* , 강찬규*, 박재희*, 김준식* 한경대학교 사회안전시스템공학과	265
P2-27	화학물질 취급 및 초기대응 정보 제공 다국어 대화형 AI 서비스 설계 이훈기* , 신동일** *명지대학교 재난안전학과, **명지대학교 화학공학과	266
P2-28	3D 분자구조 학습을 통한 위험물질 발향 예측 AI 시스템 이재욱* , 신동일** *명지대학교 화학공학과, **명지대학교 재난안전학과	267

A발표장

A-1	· 주제: 특별세션1. 복합에너지허브 실증 R&D 기술개발 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00~17:00
A-2	· 주제: 특별세션7. 복합에너지허브 실증 R&D 진행현황 · 일시: 2022년 5월 27일(금), 09:00~12:00

복합에너지허브 에너지 공급 데이터를 활용한 경제성 분석

강일오, 김형태, 김진욱, 박소진, 유현석, 최경식*

한국가스공사 가스연구원 수소기술연구소

Economical analysis Using Complex energy hub, energy supply data

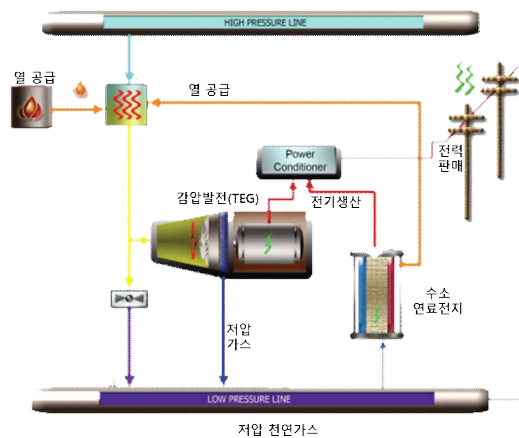
Il-Oh Kang, Hyungtae Kim, Jinwook Kim, So-Jin Park, Hyunsuk Yoo, KyoungShik Choi*

H2 Technology R&D Division, KOGAS research institute, Korea Gas Corporation

요약

생산기지에서부터 공급받은 천연가스를 감압하여 수요처로 전달하는 역할을 하는 정압관리소는 전국 147개로 전국에 고르게 분포하고 있다. 천연가스가 고압에서 저압으로 감압 되는 과정에서 압력의 형태로 보유하고 있는 에너지는 방출된다. 이때 방출되는 에너지를 전기에너지로 전환하는 것을 감압발전(TEG, Turbo-expander generator)라고 한다.

본 논문에서는 실증 복합에너지허브에 활용되는 감압발전, 연료전지, 소형 열병합발전, 태양광 발전의 에너지공급 데이터를 활용하여, 실증 복합에너지허브의 수요 패턴을 가정하고, 복합에너지허브가 에너지시장에 참여할 수 있는 형태를 분석하며, 시나리오별 에너지원별 공급알고리즘 및 경제성 분석 방법을 분석하였다.



Source : Shahrood University of Technology, "Economic assessment of a hybrid turboexpander-fuel cell gas energy extraction plant"

This work was by supported Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning under Grant 20193510100040.

복합에너지 허브 실시간 모니터링 시스템을 통한 안전성 향상 방안에 관한 연구

임재용, 김소현, 이경식, 김필종*
한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on how to improve the Safety of the Multi Energy Hub through the Real-Time Monitoring System

Jae-Yong Lim, So-Hyun Kim, Kyoung Sik Lee, Pil-Jong Kim*
Korea Gas Safety Corporation

요 약

정부는 2020년 한국판 뉴딜정책의 한 축으로 그린뉴딜 정책을 발표하여 친환경에너지 기술 확보에 나서고 있다. 복합에너지 허브는 한국가스공사 공급관리소에서 버려지는 폐압을 활용하여 전력을 생산할 수 있는 터보팽창형 발전기(TEG)와 보조가열장치로 연료전지를 설치하고, 부산물로 생산되는 수소를 정제하여 수소자동차에 보급한다.

본 연구에서는 전기, 천연가스, 열, 수소를 공급하는 복합에너지 허브에 실시간 모니터링 시스템을 구축 하여 안전성을 향상시킬 수 있는 방안을 마련하고자 하였다. 실시간 모니터링 시스템은 TEG, 연료전지, 수소자동차 충전소의 각 설비에 대하여 온도, 압력, 유량, 수소의 농도 등의 데이터를 실시간으로 전송하여 이상상황 발생 시 한국가스안전공사의 가스사고대응메뉴얼을 모니터링 시스템 프로그램 UI(User interface)상에 명시하여 안전관리자의 상황 대처 시간을 단축시킬 수 있다.

또한, 실시간 모니터링 시스템을 활용하여 연료전지의 부산물을 정제하여 운영되는 복합에너지 허브 내 수소자동차 충전소가 수소충전 프로토콜의 국제 표준으로 활용되는 미국의 SAE(Society of Automotive Engineers)에서 마련한 J2601(Fueling Protocols for Light Duty Gaseous Hydrogen Surface Vehicles) 기준의 준수 여부를 실시간으로 파악하여 복합에너지 허브의 안전성을 확보하며, 국내에 최적화된 수소충전 프로토콜 기준안을 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

※ 본 연구 내용은 산업통상자원부 에너지기술개발사업 “지능형 통합에너지플랫폼 기반 복합에너지 허브 시범구축 및 기술실증(과제번호 20193510100040)”의 지원으로 진행됨.

복합에너지허브 기반 마이크로그리드의 전력계통 안정화 방안

정기석, 정태영

한국전력기술 전력기술원

Power System Stabilization Strategy for Multi Energy Hub-connected Microgrid

Ki-Seok Jeong, Tae-Young Jyung

Power Technology Institute, Korea Electric Power Corporation Engineering & Construction (KEPCO E&C)

요 약

본 논문에서는 국내 천연가스 공급관리소에 실증 R&D 사업으로 추진 중인 전력·수소·천연가스 등의 복합에너지 공급허브와 이와 연계된 마이크로그리드의 전력계통 안정화 방안을 살펴보고자 한다. 구체적으로 복합에너지 공급허브는 천연가스 감압 과정의 폐압을 활용한 터보팽창형 발전기(TEG, Turbo Expander Generator)와 감압된 천연가스를 활용한 전력/수소 생산 및 TEG 예열용 열 공급이 가능한 수소생산형 연료전지로 구성된다. 마이크로그리드는 에너지 수요공급 균형 및 효율 극대화를 위한 경제성(수익성, 공익성) 분석 결과에 기초하여 공급허브와 결합한 복합운영 모델로 제시되며, 열병합발전(CHP, Combined Heat and Power), PV, ESS 등의 분산전원과 복합충전소(전기+수소) 부하를 포함한 스마트그리드 기술이 적용된다. 이러한 실증 시스템의 다양한 운영 시나리오를 검증하기 위해 분산자원의 동특성 모델 기반 과도해석 시뮬레이션을 통해 전력품질 안정화 지표를 분석하고, 최종적으로 각 시나리오별로 안정적인 운영을 위한 개선방안을 제시하고자 한다.

Acknowledgements

본 연구는 2019년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 20193510100040)

복합에너지 허브 연동 전기차 스마트 충전 스케줄링 알고리즘

손상우, 박창운, 강지명, 이재조
한국전기연구원

Electric Vehicle Smart Charging Scheduling Algorithm for Multi-energy-hub

Sangwoo Son, Changun Park, Jimyung Kang, Jaejo Lee
Korea Electrotechnology Research Institute

요 약

복합에너지 허브는 감압발전, 태양광, 수소연료전지, CHP 등의 다양한 발전원과 수용가, 전기차 충전소 등의 소비원을 포함하고 있어 에너지 수급 제어가 필수적이다. 본 논문에서는 한국가스공사에서 진행 중인 복합에너지 허브 에너지 수급 제어 기반 전기차 스마트 충전 스케줄링 알고리즘에 관한 내용을 기술하고자 한다. 복합에너지 허브 에너지 수급 제어는 에너지 예측을 기반으로 하루 전 시간 단위 조정을 수행하는 1단계와 한 시간 전 1분 단위의 세부 조정을 진행하는 2단계로 구성된다. CSMS(Charging Station Management System)는 OCPP(Open Charge Point Protocol) v1.6을 적용한 전기차 스마트 충전 스케줄링 알고리즘을 통해 복합에너지 허브에서 운용 중인 CS(Charging Station) 3개소에 각각 Charging Profile을 설정한다. 1단계 수급 제어 결과를 통해서 3개소의 CS에 충전량을 균등 분배하고 2단계 수급 제어 결과를 통해서 각 CS의 상태에 따라 충전량을 차등 분배한다. CS는 적용된 Charging Profile에 따라 EVSE Maximum Current Limit을 조절하여 전기차를 충전한다.

국내 PAFC 기반 복합에너지 허브시스템의 성능 및 경제성 평가

박희진, 이재승, 주현철*

인하대학교 기계공학과

Performance evaluation and economic feasibility of a PAFC-based multi-energy hub system in South Korea

Heejin Park, Jaeseung Lee, Hyunchul Ju

Department of Mechanical Engineering, Inha University

요 약

Energy consumption is increasing rapidly due to the rapid development of human society and economy. In order to solve the energy shortage and environmental problems, many companies and governments are expanding their interest in cleaner and more efficient energy sources that can be applied to various fields such as industry, housing, and transportation. Natural gas (NG) is attracting attention from the Korean government as a clean fuel suitable for next-generation energy utilization systems. Currently, Korea Gas Corporation (KOGAS) is working hard to develop an NG supply system that can effectively supply gas nationwide. To extract additional valuable work from the depressurization process of the NG supply chain, a multi-energy hub (MEH) system consisting mainly of Turbo Expander Generator (TEG) and phosphoric acid fuel cell modules is presently being piloted in South Korea. MEH systems are designed to deliver electricity, heat and hydrogen that are overall energy efficient, contributing to maximum flexibility of the micro-grid. In this study, the NG flow rate of 28,000 kg/h was used as a reference and the system performance and economic effects were analyzed under various load demands and operating conditions. According to the system simulation results, the total power generated by the TEG and PAFC modules is approximately 3.39 - 3.53 MWe, and the hydrogen production is 9.94 kg/h to 40 kg/h. In addition, the MEH economic evaluation is performed based on South Korea's current NG, electricity, and hydrogen prices. Assuming a useful life of 20 years for the TEG and PAFC modules, the payback period is estimated to be between 7.09 and 10.05 years.

복합에너지 허브 전력계통 상세모델링 및 안정도 해석에 관한 연구

이종훈, 손다빈, 도혜민, 김성렬, 김기민, 한상욱
가천대학교

A Study on Detailed Modeling and Stability Analysis of Complex Energy Hub Power System

Dabin Son, Jonghoon Lee, Hyemin Do, Sungryeol Kim, Gimin Kim, Sangwook Han
Gachon University

요 약

본 논문에서는 현재 조성 중에 있는 발안사업소의 복합에너지 허브를 기존의 집합 모델 형태가 아닌 세부 상세 모델 형태로 구성하고, 복합에너지 허브 내외부에서 발생 가능한 고장을 모의하여 전압 및 안정도 측면에서 발생할 수 있는 문제점에 대해 해석해 보고자 한다. Fuel Cell과 터보 팽창형 가스압 발전기, Energy Storage System(ESS), PV(태양광), CHP(Combined Heat and Power system) 등 발전원 뿐만 아니라 변압기, 모선 등을 모두 구성하고 부하 또한 구성하여 각각의 변화에 따라 발생할 수 있는 다양한 문제점들에 대해 관찰해 보고자 한다. 특히 전압과 무효전력 측면에서 문제 발생 여부를 확인하고, 향후 복합에너지 허브를 운영하는데 있어서 최적의 계통연계 결과를 얻기 위하여 계통 해석 환경을 구축하고자 한다.

다이나믹 시뮬레이션을 통한 복합에너지허브용 수소충전시스템 공정 최적화 설계

신봉근*, 김형태, 최경식, 유현석**

*한화파워시스템, **한국가스공사 가스연구원 수소기술연구소,

Process Optimization of Hydrogen Refueling System for Multi Energy Hub by Dynamic Simulation

Bong Gun Shin*, KyoungShik Choi, Hyoungtae Kim, Hyunsuk Yoo**

*Hanwha Power Systems, **H₂ Technology R&D Division, KOGAS research institute, Korea Gas Corporation,

요 약

복합에너지허브는 천연가스 공급관리소를 기반으로 수소차 및 전기차 충전을 위한 융·복합충전소 설치 및 운영과 감압발전기 및 연료전지의 분산발전원을 활용하여 ICT 기반의 마이크로 그리드로 구성을 목표로 하고 있다.

융·복합충전소 내 설치 예정인 ON-SITE형 수소충전시스템은 국내외 설치되고 운영되고 있는 튜브트레일러 및 공급용 배관을 통하여 수소 공급량이 많은 OFF-SITE형 수소충전시스템과 달리 수소 공급량이 10kg/hr 이내로 매우 적다. 따라서 그 충전 성능 및 안정성을 확보하기 위하여 시스템 설계 뿐만 아니라 공정 설계가 매우 중요하다. 이 중 시스템 설계는 천연가스 공급관리소 인근에 설치해야 하며 또한 도시가스사업법, 고압가스안전관리법, 산업안전보건법, 건축법 등 다양하고 법률적인 규제를 만족시켜야 하기 때문에 제한적인 요소가 많이 작용하여 제한적이게 된다.

따라서 본 연구에서는 HYSYS를 활용하여 ON-SITE형 수소충전시스템을 모델링을 수행한 뒤 공정 해석(Dynamic Simulation)을 통하여 다양한 공정 조건에 따른 수소충전 성능을 분석하였다. 이를 통하여 수소자동차(Nexo 기준, 5kg 충전조건) 시간당 2대 이상, 대당 5분 이내 충전할 수 있는 충전 성능을 확보하기 위하여 공정 조건을 최적화하였다.

This work was by supported Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning under Grant 20193510100040.

복합에너지허브 실증 현장 구축 현황

송근수, 부경덕, 김동찬, 안용현, 이가을, 이제석*
(주)금영이엔지

Construction Status of Complex Energy Hub Site

**Geunsoo Song, Gyeongdeok Boo, Dongchan Kim, Younghyun Ahn, Gaeul Lee,
Jeseok Lee***
KUMYOUNG ENG Co., Ltd

요약

본 발표에서는 수소생산형 연료전지, PSA, CHP, 융복합충전소(수소/전기)로 구성되어 있는 한국가스공사 주관의 복합에너지허브 실증현장 구축현황에 대한 소개와 마이크로그리드 구성에 있어 CHP의 역할 및 운영 방법에 대해 살펴보고자 한다.

복합 에너지 Hub 기반의 마이크로그리드 최적 운영 시스템 구축

오현호, 양성룡, 박창민*, 김형태**, 최경식**

*그리드위즈, **한국가스공사

Build for optimal operation system of integrated energy hub-based microgrid

Hyunho Oh*, Sungryong Yang*, Changmin Park*,
Hyoungtae Kim**, KyoungShik Choi**

*Gridwiz, **Korea Gas Corporation

요 약

가스, 열, 수소, 태양광 등 분산 발전원과 상업건물, 전기차 충전진, 에너지저장시스템 등 다양한 부하가 존재하는 복합 에너지 허브 지역을 기반으로 구성된 마이크로그리드를 효율적이고 경제적으로 운영하기 위한 제반 사항에 대하여 살펴보고자 한다.

수소 누출 특성 및 수소 충전소 충전기의 방폭에 관한 연구

단승규, 윤익근, 정호진
한국가스공사 가스연구원

A Study on the Hydrogen Leakage Properties and Explosion-Proof of Dispenser of Hydrogen Fueling Station

Seungkyu Dan, IK-Keun Yoon, Ho Jin Jung
Korea Gas Corporation Gas Research Institute

요 약

탄소중립이 글로벌 패러다임으로 부상하게 되면서 국내에서도 그린뉴딜 및 2050 탄소중립 정책 등 기후변화에 대비하는 저탄소 정책을 실행하기 위한 주요 추진전략으로 내세우고 있다. 이 중 수소를 연료로 이용하는 모빌리티, 발전 등 기존 화석에너지를 대체하려는 연구가 진행되고 있는데, 한국가스공사에서도 천연가스와 더불어 수소와 관련된 다양한 연구를 수행하고 있다. 수소는 의 경우 기존 사업영역인 천연가스와 가연성 가스라는 공통점이 있지만 사고로 인한 누출 시 확산이나 폭발 등의 특성에서는 차이를 보이고 있다. 특히 개방공간에서의 폭발 발생 가능성이 있기 때문에 폭발의 관점에서 각별한 주의가 요구된다. 본 연구에서는 수소의 누출 특성 및 자동차 충전소의 충전기에 적용되는 방폭을 기준에 맞게 계산하여 관련 특례기준에 적합한지 확인해보고자 한다.

Tri-gen(수소 생산 연료전지) 시스템 개발

김성훈, 전동욱, 박미정, 전창성, 추연식, 박종훈, 문상진
두산퓨얼셀(주) R&D/신사업 본부

Tri-gen (Hydrogen production Fuel Cell) system development

Sunghoon Kim, Dongwook Jeon, Mijeong Park, Changsung Jun, Younsik Choo,
Jonghoon Park, Sangjin Moon
Doosan Fuel Cell Co.,Ltd. R&D/NewBusiness Division

요 약

탄소중립 실현 및 환경보호를 위해 친환경 에너지의 중요성이 강조되고 있다. 특히 수소는 대표적인 청정/대체에너지원으로 에너지밀도가 높고 환경에 대한 영향이 적다는 장점으로 다양한 분야에서 빠르게 발전 중이다. 본 과제는 수소에너지 산업의 성장에 발맞추어 수소, 전기, 열의 세 가지 에너지를 동시에 공급할 수 있는 복합에너지 공급형 연료전지 제품 개발을 목적으로 한다. 전기와 열을 생산하면서 동시에 수소 공급의 안정성, 최적의 성능을 확보하기 위한 활동들이 수행되었으며, 에너지원별 수요 변화에 대응하기 위해 생산 모드를 선택적으로 변경할 수 있게 하여 에너지 효율성을 높였다. 또한, 연료전지 발전 중 발생하는 열을 활용하여 수소를 생산하는 구조이므로 가격 경쟁력 있는 수소 공급이 가능하다. 개발품은 현재 복합에너지 공급 허브로 실증을 준비 중이며, 향후 수소 인프라 구축 및 신재생에너지 시장 활성화에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

B발표장

B-1	· 주제: 특별세션2. 무탄소연료 발전 및 동력 시스템 기술 연구 현황 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00~15:00
B-2	· 주제: 특별세션6. 수소버스 안전성 평가기술 및 장비개발 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 15:10~17:10
B-3	· 주제: 일반세션. 수소 및 신재생가스 · 일시: 2022년 5월 27일(금), 09:00~11:45

암모니아 직접 활용 연료전지 기술 개발 현황

이선엽, 박철웅, 김영상, 이상호, 김선엽, 최지선, 김용래
모빌리티동력연구실, 한국기계연구원

Current status of ammonia fuel cell research at KIMM

**Sunyoup Lee, Cheolwoong Park, Young Sang Kim, Sangho Lee, Seonyeob Kim,
Ji-Seon Choi, Yongrae Kim**
Department of Mobility Power research, Korea Institute of Machinery & Materials

요 약

암모니아는 상온에서 쉽게 액화되어 같은 부피에서 고압수소 대비 약 1,400배, 액화수소 대비 약 1.4배 더 많은 수소를 갖는 대표적인 고밀도 수소 운반체(Carrier)로 최근 탄소중립 실현을 위한 차세대 무탄소연료로 주목받고 있다. 우리나라의 경우 수소경제 생태계 구축을 위해서는 호주 등 글로벌 공급망을 통해 상당량의 청정수소를 액화 수소 또는 액화 암모니아의 형태로 가져와야 할 것으로 전망하는데, 이중 암모니아의 형태로 수입하는 경우 이를 수소로 전환하여 사용하게 되면, 암모니아 분해를 위한 에너지와 분해반응기 등으로 인해 효율은 낮아지고 비용은 상승하는 단점이 있다. 따라서 암모니아를 연료로 직접 사용함으로써 높은 이송성과 저장성을 확보하고 손실은 최소화하기 위한 연구의 필요성이 선박, 발전 등의 분야를 중심으로 제기되고 있으며, 이에 대한 선제적 기술 확보를 위해 한국기계연구원에서는 암모니아를 연료로 사용하여 전기와 동력을 생산하는 차세대 암모니아 연료전지 스택 및 시스템을 개발하는 연구를 올해(2022년)부터 시작하였다.

이번 발표에서는 암모니아를 직접 사용하는 연료전지 개발의 필요성과 함께 지금까지 암모니아 연료전지 연구 진행 상황 및 앞으로의 계획을 소개하고자 한다. 먼저 암모니아를 정밀하고 안전하게 공급하기 위한 암모니아 공급 장치와 원하는 만큼의 암모니아를 수소로 전환하기 위한 고효율 개질기 관련 개발 노력을 살펴보고 암모니아의 유독성과 부식성을 고려한 장치 설계 방안을 제시하였다. 이와 함께 암모니아를 연료로 직접 사용할 수 있는 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cell; SOFC) 스택 및 시스템의 개발 방향을 소개하고 고온(~800°C)에서 암모니아 사용 시 예상되는 문제점을 검토하였다. 마지막으로 저온형 연료전지 중 암모니아를 직접 사용할 수 있는 음이온 교환막 연료전지(Anion Exchange Membrane Fuel Cell; AEMFC)에 대한 국내외 개발 현황 및 전망을 살펴보고 지금까지 진행된 연구개발 상황을 소개할 예정이다.

암모니아 분해 및 분해가스 활용 기술 동향

이상호

모빌리티동력연구실, 한국기계연구원

Trends in ammonia decomposition and decomposition gas utilization technology

Sangho Lee

Department of Mobility Power research, Korea Institute of Machinery & Materials

요 약

암모니아는 수소를 저장하고 운송하는 에너지 저장체로 많은 관심을 받고 있다. 암모니아는 사용과정에서 탄소를 배출하지 않으며, 상온 10bar이하에서 액화하여 수송과 저장이 용이하다. 현재 암모니아는 천연가스 수증기 개질로 생산된 수소와 공기 중에서 분리된 질소를 사용하는 보수-하버 공정(Haber-Bosch process)을 통해서 생산되고 있다. 그린 암모니아의 생산을 위해 재생에너지를 사용해 생산된 수소를 보수-하버 공정에 공급하는 실증이 호주와 사우디아라비아 등 해외에서 진행되고 있다. 그린 암모니아의 활용측면에서는 엔진, 터빈, 연소기 및 연료전지 등에서 암모니아를 연료로 사용하는 연구가 진행되고 있다. 암모니아는 자발화 온도와 옥탄가가 높고 연소속도가 느려 엔진에서 단일 연료로 사용이 어렵다. 따라서, 엔진에서는 혼소를 통해 암모니아의 연소특성 개선하는 연구가 진행되고 있다. 천연가스, 디젤 또는 수소와 암모니아를 혼소하면 탄소배출을 저감할 수 있다. 특히, 암모니아의 일부를 분해하여 수소와 암모니아를 혼소하면 무탄소 엔진의 구현이 가능하다. 반면, 연료전지에는 연료전지의 종류에 따라 암모니아를 분해하고 정제하여 공급하는 기술이 필요하다. 고체산화물 연료전지(Solid oxide fuel cell)는 암모니아의 직접 사용이 가능한 것으로 알려져 있으나, 암모니아 직접 사용에 따른 내구성에 대한 검증이 필요하다. 고분자전해질 연료전지(Polymer electrolyte fuel cell)에서 암모니아를 사용하기 위해서 암모니아를 분해하고 미분해된 암모니아를 흡착제를 통해 제거하는 연구가 진행되었다. 또한, 수소충전소에 수소를 공급하기 위한 방안으로 암모니아를 분해하고 PSA(Pressure swing adsorption)장치를 통해 고순도 수소로 정제하는 실증이 진행되고 있다. 알칼라인 연료전지(Alkaline fuel cell)에서도 암모니아와 암모니아 분해 가스를 공급하기 위한 연구가 진행되고 있다. 이와 같이 그린 암모니아를 엔진과 연료전지 등에서 활용하는 기술을 개발함으로써 탄소 배출 저감에 기여할 것으로 기대된다.

암모니아 혼소 엔진의 연소특성 연구

박철웅, 오세철
한국기계연구원

Study on the Ammonia Dual-fueled Engine Combustion Characteristics

Cheolwoong Park, Sechul Oh
Korea Institute of Machinery and Materials

요 약

암모니아 연료는 온실가스저감 및 대체연료 연구의 관점에서 미래의 유망한 선박용 엔진의 연료로 관심이 높아지고 있다. 특히, 국내 200톤 이상 연안여객선은 빠르게 노후화가 진행 중으로 독자적인 친환경 대체연료 기술 개발을 통한 친환경 선박으로의 대체가 시급한 상황이다. 연료전지 선박의 실용화는 출력 대비 체적저감 및 고출력용 연료전지 스택 개발비용 저감 등 해결해야 할 문제가 있기 때문에 실용화 시점의 예측이 어렵다. 이에 반해 암모니아 엔진은 기존의 선박용 엔진에 적용함으로써 단기간에 저비용으로 실용화가 가능할 뿐만 아니라 고출력 엔진의 개발이 가능할 것으로 예측된다. 암모니아의 경우 액상 저장이 용이하고 수소 대비 상대적으로 에너지 밀도가 높기 때문에 선박용 연료로서 유리하다.

친환경 대체연료인 암모니아 혼소를 통한 선박의 온실가스 저감은 대형 엔진 기술 관련 선진국인 유럽 중심의 개발이 진행 중인 반면에 국내에서는 엔진 및 연료공급시스템 기술의 독자적 경쟁력을 확보하기 위해 관련 핵심기술에 대한 기초 및 응용연구개발이 절실히 필요한 상황이다. 이에 2021년부터 한국기계연구원을 주관으로 선박용 LNG-암모니아 혼소 엔진 및 연료공급시스템을 개발하기로 하고 선박 엔진 제조사와 함께 정부주도의 연구사업을 진행 중이다.

본 연구는 선박용 암모니아 혼소 엔진 개발 연구의 일환으로 11급 시내버스용 엔진을 이용하여 천연가스 연료의 일부를 암모니아로 대체할 때 엔진의 성능 및 배출가스에 미치는 영향을 살펴보았다. 천연가스 대비 암모니아의 혼합비율과 공기과잉율 등의 엔진의 연소에 영향을 미치는 인자들을 변경하며 암모니아의 적용 가능성을 평가하고자 하였다.

수소 연료를 적용한 소형 2행정 엔진의 성능 개발

김용래, 김선엽, 최지선, 박철웅, 최영

한국기계연구원 모빌리티동력연구실

Performance Development of a Small-size Two Stroke Engine by Using Hydrogen Fuel

Yongrae Kim, Seonyeob Kim, Jisun Choi, Cheolwoong Park, Young Choi

*Department of mobility power research, Korea Institute of Machinery and
Materials*

모빌리티 산업의 전환으로 인해 드론을 비롯한 무인 항공기가 주목을 받고 있는 가운데 리튬-이온 배터리의 낮은 에너지 밀도는 장기 체공용 무인 항공기 개발의 제한 요인으로 작용하고 있다. 이를 해결하기 위해 높은 에너지 밀도(Energy Density)를 갖는 수소 연료를 적용하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 액체 수소의 경우 중량 대비 에너지 밀도 측면에서 전통적인 화석 연료보다도 높다는 장점이 있으므로 장거리 비행체의 전력원으로 사용하기에 적합하다. 대표적인 수소 활용 방식인 연료전지(Fuel Cell)는 높은 가격으로 인해 보급형 무인 항공기에 적용하기가 어려우나, 기존의 엔진을 활용한 수소 연소 엔진의 경우 비교적 저렴한 가격으로도 우수한 성능 구현이 가능하다. 그러나 수소 연료는 높은 반응성으로 인해 이상연소(Abnormal Combustion)가 발생하여 연소 제어가 어렵다는 단점이 존재한다.

따라서 본 연구는 무인 항공기에 주로 사용되는 2행정 기반의 소형 전기점화(Spark Ignition) 엔진에 수소 연료를 적용해보았다. 기존 가솔린 엔진을 바탕으로 수소 연료의 포트 분사 및 직접 분사 전략을 적용하여 이상연소 현상의 최소화와 최적 연소 영역을 실험적으로 조사하였다. 엔진은 1000~6000rpm 영역에서 부품 파손 방지를 위해 최고 연소 압력 40bar, 실린더 헤드 온도 150도 이하 및 이상연소가 발생하지 않는 공연비 조건에서 실험하였다. 포트 분사(Port Injection) 방식의 경우 공연비(Air Fuel Ratio)가 낮아질수록 역화(Backfire) 현상이 발생하여 출력을 3kW 수준에서 제한하였으며, 역화 발생 시 엔진 부품에 치명적인 영향을 주는 것을 확인했다. 이를 개선하기 위한 직접 연소(Direct Injection) 방식의 경우 공연비 제어를 통해 역화 현상은 해결하였으나, 조기점화(Pre-ignition) 현상으로 인해 고부하 조건에서 최고 출력을 제한하는 것을 확인했다. 최적 연소 조건을 찾기 위해 연료의 분사 전략에 따라 분사 기간, 분사 시기 및 점화 시기를 변화하여 성능을 비교하였다. 결과적으로, 수소 직접 분사 전략을 통해 연소 최적화 및 개선된 출력 성능을 확인할 수 있었다.

고출력 고온 수전해 시스템의 경제성 분석

김영상, 뚜안앵*, 이동근, 안국영

한국기계연구원, *과학기술연합대학원대학교

Economic analysis of high-power SOEC system

,Young Sang Kim, Tuan Anh Bui*, Dong Keun Lee, Kook Young Ahn

*Korea Institute of Machinery & Materials, *University of Science and Technology*

요 약

전 세계적으로 그린 수소 생산에 대한 관심이 높아지면서 수전해를 이용한 수소 생산 연구가 활발히 진행되고 있다. 다양한 수전해 방식 중 고효율로 수소를 생산할 수 있는 고온 수전해(SOEC) 기술이 각광받고 있으며, 특히 해외에서는 $1\text{A}/\text{cm}^2$ 이상의 고출력 구간에서 운전하여 경제성을 확보할 수 있는 고온 수전해 스택 및 시스템이 개발되고 있다. 본 연구에서는 일반적인 고온 수전해 시스템 및 고출력 고온 수전해 시스템의 시스템에 따른 경제성 평가를 수행하고 비교, 분석하고자 한다. 구체적으로는 고출력 고온 수전해 시스템의 수소 재순환 방식에 따라 이젝터, 저온 수소 재순환 블로워, 고온 수소 재순환 블로워 적용 시스템을 도출하고 각각의 시스템에 따른 경제성을 분석하며 이를 저출력 고온 수전해 시스템의 결과와 비교한다.

수소 가스터빈 연료전환 연소기술 연구 현황

김민국, 황정재, 이원준, 민경욱, 김한석

한국기계연구원

Development of Hydrogen Combustors for Industrial Gas Turbine

Min Kuk Kim, Jeongjae Hwang, Won June Lee, Kyungwook Min, Han Seok Kim

Korea Institute of Machinery and Materials (KIMM)

요 약

국제사회의 기후변화대응 노력이 강화되면서 국내에서도 탄소중립기본법(약칭)이 제정되는 등 구체적인 방안들이 마련되고 있다. 정부에서도 2030년까지 2018년 대비 40%의 온실가스 배출 감축 목표를 제시하고 2050까지 탄소중립을 달성한다는 목표를 표명한 바 있다. 발전분야의 온실가스 배출량이 차지하는 비율을 고려할 때 가스터빈의 무탄소 연료전환 기술은 파급력이 높다고 할 수 있다. 이러한 요구에 부응하고자 무탄소 연료인 수소를 천연가스와 혼용하는 수소터빈용 혼소 연소기 개발과 수소만을 연료로 사용하는 수소 전소 연소기 개발과제가 2020년 국책과제로 시작되었다. 본 발표에서는 3년차에 접어든 수소터빈용 연소기 개발 과제 진행상황을 소개하고, 향후 개발 계획을 공유하고자 한다. LNG 연료와 수소 연료의 특성과 혼소율에 따른 연소성능을 살펴보고 개발과정에서 중요하게 다루고 있는 부분을 검토할 예정이며, 이 과정에서 300MW급 대형 가스터빈용 연소기 개선설계(retrofit)를 위한 화염역화 방지 연구내용과 5MW급 분산발전용 가스터빈을 기반으로한 전소 연소기 개발 현황을 함께 소개하고자 한다. 아울러 연료 조성에 따른 CO₂ 저감 효과와 향후 수소 터빈 시장 도입 전망을 살펴볼 예정이다.

LSTM 모델을 이용한 수소 버스의 에너지 소비율 예측 모델 연구

이현미, 장정아*, 김시우**, 류도정***

아주대학교 교통공학과, *아주대학교 TOD기반 지속가능 도시·교통 연구센터,

한국교통안전공단 자동차안전연구원, *한국폴리텍VII대학

Instructions for Preparing Papers Presented at KIGAS Meeting

Hyunmi Lee, Jeong-Ah Jang*, Si Woo Kim, Dojeung Ryu*****

*Dept. of Transportation Systems Eng., Ajou University, *TOD-based Sustainable City Transportation Research Center, Ajou University, **Korea Automobile Testing & Research Institute, Korea Transportation Safety Authority, ***Korea Polytechnic VII*

요 약

전국적으로 수소버스의 도입이 확대되고 있다. 지자체마다 친환경 대중교통수단 개시 또는 추가 도입 계획을 발표하며 탄소중립도시를 조성해 나가겠다는 의지를 밝히고 있다. 수소는 자체적으로 위험성을 가지고 있는 물질로 자동차안전기준 제17조(연료장치)에서도 수소전기차의 수소가스 누출 농도 기준 및 가스 누출 시 경고등 점등과 차단 밸브 작동의 기준을 제시하고 있다. 특히 버스운행상황에서 수소차량의 누출이 지속적으로 발생할 경우 누출 사고로 이어질 수 있기 때문에 운행에 따라 발생할 수 있는 위험상황을 조기 발견 및 사고를 예방하기 위한 지속적인 모니터링이 필요하다. 현재 차량에 장착된 수집 센서를 통하여 수소 누출에 대한 정보를 수집하고 있지만, 센서에서 감지가 되는 위험 이벤트 발생 상황에서만 측정이 가능하기 때문에 위험 이벤트가 발생하지 않은 실도로 주행 상황에 따른 차량의 전반적인 변화에 대한 평가 및 해석이 어렵다. 이에 본 연구에서는 수소 누출 위험을 평가 및 모니터링의 지표로 수소에너지 소비율을 산정하고, 수소연료전지를 장착한 버스의 실도로 주행으로 수집된 데이터를 기반으로 주행에 따른 에너지 소비율의 변화에 대해 모니터링하는 방안을 제시하고 이를 예측하여 위험상황 발생 가능성에 대한 연구를 수행하였다.

Acknowledgment : 본 연구는 국토교통부부의 연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(22HBST-C158067-03) 수소버스 안전성 평가기술 및 장비개발

고압가스용기 장착 대형상용차의 측면충돌 유형에 따른 연료장치 가혹도 분석

인정민, 김희철, 김시우, 심소정, 장형진, 류도정*
자동차안전연구원, *한국폴리텍Ⅶ 대학 부산캠퍼스 자동차과

**The analysis of fuel system severity according to the side
impact types about heavy-duty-vehicles with high pressure
vessels.**

In Jeongmin, Kim Heecheoul, Kim Siwoo, Sim Sojung, Chang hyungjin, Ryu Dojeung*
*Korea Automobile Testing & Research Institute, *Busan campus of Korea
Polytechnics VII*

1. 서 론

수송시스템에 대한 환경 패러다임의 변화와 글로벌 탄소저감 정책 등에 따라 국내에서도 친환경자동차에 대한 수요 확대를 위하여 정부에서는 수소경제로드맵을 마련하였고, 기존 화석연료를 사용하는 대형버스 및 트럭 등도 친환경 수소연료전지상용차로 대체를 추진하고 있다. 승용차의 경우 정면, 측면 및 후방 충돌 등 다양한 충돌 후 연료장치의 안전성을 평가하지만, 대형상용차에 대해서는 전세계적으로 실차 충돌 시 연료장치 안전성평가가 부재하다. 물론 국내의 경우 수소 및 CNG 연료를 사용하는 버스에 대한 전복 시 연료장치 안전성평가를 수행하지만 매우 제한적인 수준의 측면충돌 유형에 대해서만 평가가 가능하다고 판단된다. 수소연료전지자동차와 같이 350 bar 이상의 고압가스용기를 장착한 경우, 충돌사고에서 연료장치의 파손 또는 연료누출이 발생할 경우 심각한 폭발 및 화재 사고 등으로 이어질 수 있다. 이에 따라, 고압내압용기가 장착된 대형버스 및 트럭 등에서 가장 빈번하게 발생하고 연료장치에 직접적인 충돌 위험성이 높은 측면충돌에서의 연료장치 위험성을 분석하였다.

대형상용차의 경우 고압가스용기가 천장부, 차량 하부 중심 또는 좌우 최외측면 등 차량의 사용 목적에 따라 다양하게 설치되기 때문에, 본 연구에서는 다양한 측면충돌 유형에서의 연료장치 위험성을 분석하고자 한다.

2. 고압가스용기 장착 대형상용차의 측면충돌평가 방법

측면충돌평가방법은 연료탱크 등 연료모듈(장치)의 측면방향에 가해지는 충돌 가혹도를 평가하는 것이 목적이다. 다양한 측면충돌평가 유형을 고려한 이유는 첫째, 연료장치 위치가 상부(천장), 하부 또는 중간 부위 등에 설치 될 수 있기 때문에 전복 및 차량의 하부 측면 부위에 국내외 안전기준 평가방법 등을 적용하여 평가를 수행하고자 하며, 두 번째 이유는 국내 도로환경에서 실제 버스 및 화물차 등의 측면충돌유형이 대형차, 승용차 또는 기동(지주) 충돌과 전복에 따른 충돌 등 다양할 것이기 때문이다.

이에 따라, 총 5가지 유형의 충돌평가를 수행하였다. 고압내압용기 연료모듈이 상부에 장착된 수소 대형상용차의 전복 시 연료장치의 측면충돌유형을 반영하여 Fig 1과 같이

현재 국내에서만 평가하고 있는 자동차안전기준 제91조(연료장치)제7항 전복 시 연료장치 평가를 수행하였으며, 연료장치가 하부에 장착된 대형상용차의 측면충돌 시 가혹도를 평가하기 위하여 현행 국내외 측면(UN R 95 및 FMVSS 301) 및 후방추돌용 대항차(UN R 34 및 FMVSS 301) 등을 활용한 충돌평가와 가장 가혹한 측면충돌 조건으로 판단되는 대형버스와 대항버스의 측면충돌평가(Fig 2, Fig 3)를 수행하였다. 측면충돌평가의 충돌위치는 가장 가혹한 충돌 조건을 반영하기 위하여 5개의 내압용기 모듈의 중심(3번째 내압용기 밸브 위치)으로 시험하였다.

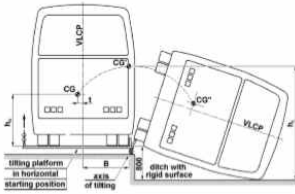


Fig. 1 Roll-over test



Fig. 2 30km/h HDV-to-HDV side crash test



<50km/h HDV-to-950kg MDB crash test (UN R 94)>



<50km/h HDV-to-1100kg MFB crash test (UN R 34)>



<54km/h 27° HDV-to-1368kg MDB crash test (FMVSS 301)>

Fig. 3 Side crash test according to global regulations.

본 측면충돌평가는 수소연료전지버스(이하 ‘수소버스’라 한다)로 모두 평가하는 것이 타당하지만, 국내에서 판매되는 수소버스는 연료탱크 등 연료모듈이 차량의 천장 위에 장착된 단일 차종밖에 없다. 따라서 2020년식 신형 수소버스(Fig 4)는 전복 시 연료장치의 측면충돌 안전성을 평가하는데 사용하였다. 향후 개발이 예상되는 하부에 장착되는 버스 및 화물차 등을 고려하여 연료모듈이 하부에 장착된 기존에 판매되고 있는 2002년형 CNG 중고버스(Fig 5)로 측면충돌평가를 수행하였다.



Specification	
Maker	Hyundai
Overall length	10,995mm
Overall width	2,490mm
Overall height	3,420mm
Wheel base	5,400mm
FC stack power	180kW
Motor power	300kW
Tank capacity	845L(33.1kg)
Tank pressure	700bar
Battery capacity	78.4KWh(39.2x2)



차량 제원	
전장	12,000mm
전폭	2,495mm
전고	3,340mm
탱크 개수	5개
탱크 용량	820L
탱크 압력	200bar

Fig. 4 Hydrogen bus(Fuel tank modules are located in Roof.)

Fig. 5 CNG bus(Fuel tank modules are located in under-floor)

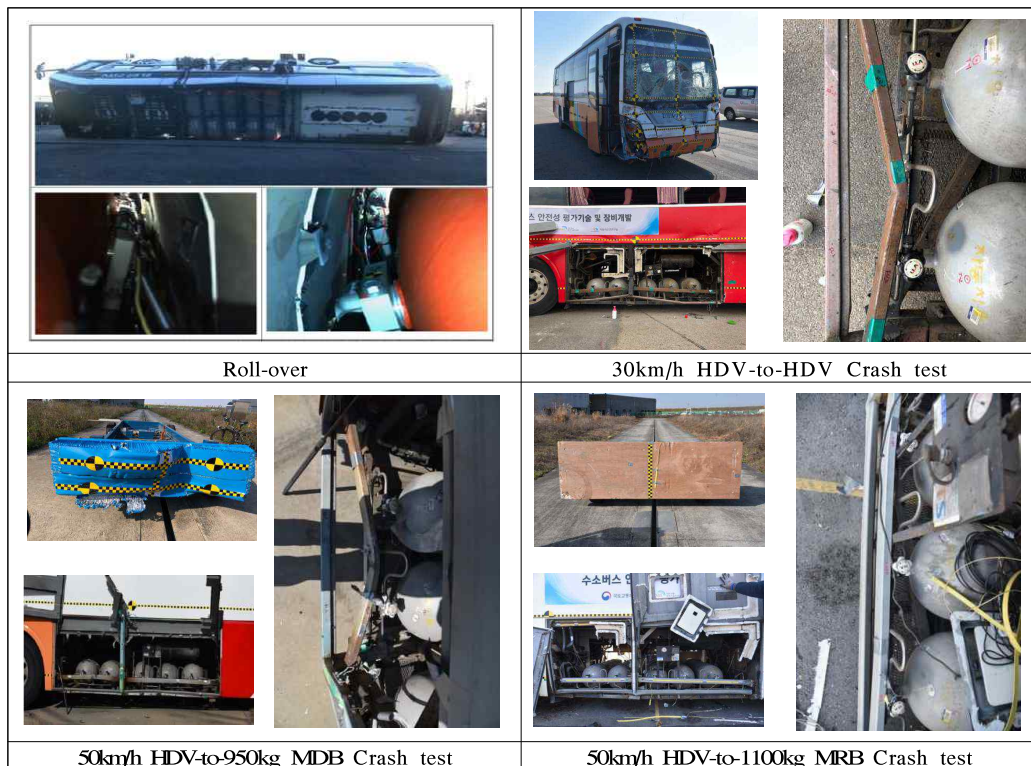
3. 시험결과 및 분석

3.1 측면충돌 유형에 따른 연료장치 누출 및 파손 유무

전복평가를 포함한 5가지 측면충돌평가에서 3가지 충돌에서 연료누출 및 파손 등이 발생하였으며, 모든 측면충돌 유형에서 연료장치에 직접적인 충돌이 발생하였다. 연료누출은 연료장치의 밸브 및 배관에 차량의 측면보호대 또는 대항차가 직접적으로 충돌하면서 발생하는 것으로 확인되었다. 다만, 전복시험 및 950kg 변형벽 대항차(이하 ‘MDB’라 한다.) 충돌에서는 연료장치에 직접 충돌이 발생하였지만 연료장치의 파손 및 연료누출 등이 발생하지 않았다. 전복시험에 사용된 수소버스의 경우 자동 연료차단시스템이 장착되어 있어 전복 충돌이 발생하자마자 연료밸브가 차단된 것을 확인할 수 있었다. 연료차단시스템이 없는 중고 CNG 버스 측면충돌평가에서 유일하게 연료누출이 발생하지 않은 950kg MDB는 상대적으로 중량이 낮은 대항차 및 변형벽이 적용되었다.

Table. 1 The severity of fuel systems according to side crash test types

	Roll-over	30km/h HDV-to-HDV	50km/h HDV-to- 950kg MDB	50km/h HDV-to -1100kg MRB	54km/h 27° HDV-to- 1368kg MDB
Contact of Fuel systems	○	○	○	○	○
Breakage of fuel system	X	○ (Fracture of Fuel 2nd valves)	X	○ (Fracture of 5 th Fuel valve)	○ (Fracture of Fuel line in 5 th Fuel Valve)
Fuel Leakage	X	○	X	○	○
Attachment of Fuel tanks	○	○	○	○	○



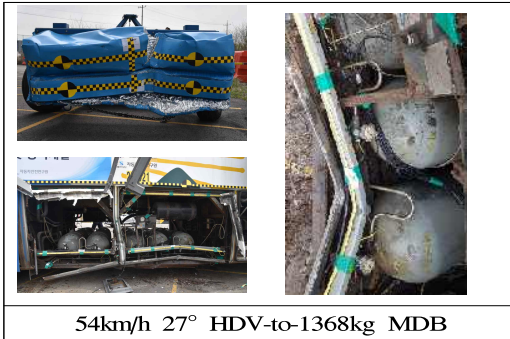


Fig. 6 Direct contact between fuel system and intruded structure

3.2 측면충돌 유형에 따른 연료장치 부위에 충돌 가속도 및 차체 변형량

3.1에서 평가된 모든 측면충돌유형에서 직접 충돌이 발생하였지만, 충돌유형에 따라 연료누출 및 연료장치의 파손 등에서 차이가 발생하였다. 이에 따라 연료장치에 가해진 가속도의 차이 등을 분석하기 위하여 연료장치 부위에 충돌 가속도 및 차체 변형량 등을 확인하였다.

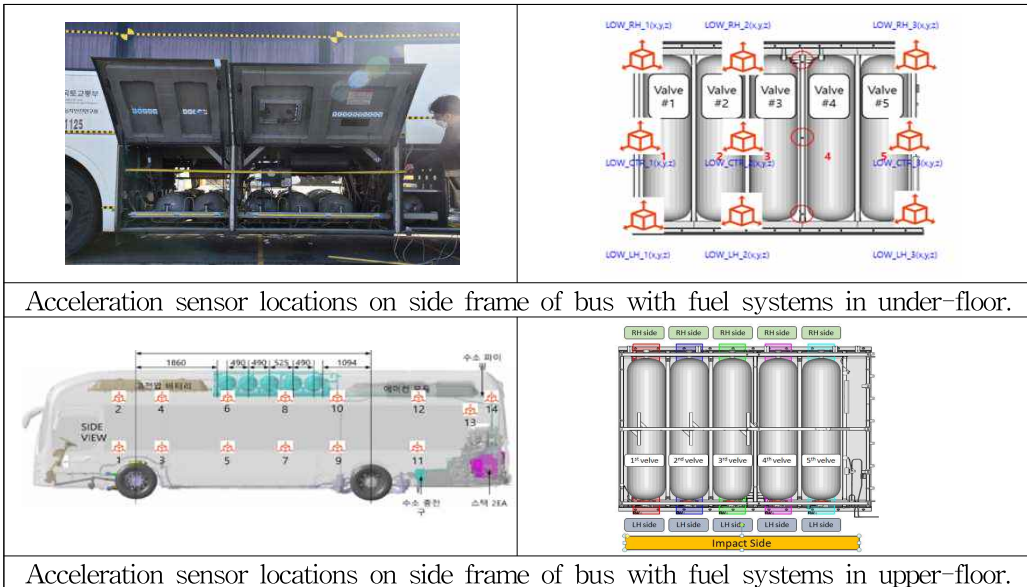


Fig. 7 Acceleration sensor Locations according to fuel system types

충돌 시 가속도를 분석한 결과 강한 전면프레임 구조를 가진 대형버스와 충돌 시 변형되지 않는 평판(Rigid barrier)이 부착된 대항차(MRB)를 이용한 측면충돌에서 변형벽이 부착된 대항차(MDB)와 비교하여 매우 높은 측면 가속도(y축 가속도)가 발생한 것을 확인할 수 있었다. 충돌 시 연료장치 부위의 측면 가속도는 변형벽 대항차의 경우 950kg 대항차 충돌은 약 5.9g, 1368kg 대항차 충돌은 9.3g로 10g 이하의 낮은 충돌 가속도가 발생하지만, 대형버스와 대항차 충돌의 경우 충돌 속도에 차이가 있고 최대 가속도 발생 위치 역시 차이가 있지만 최대 충돌가속도가 발생하는 위치는 대형버스의 경

우는 약 90g, MRB 대향차의 경우에는 약 150g를 초과하는 것으로 나타났다. 전복 시험 역시 평균 약 60g의 측면충돌가속도가 발생하는 것으로 측정되었다. 전복 시험에 사용한 수소버스는 자동 연료누출 차단시스템이 장착되었기 때문에 제외하고 4가지 연료장치가 하부에 장착된 CNG 버스의 연료누출 및 연료장치 파손을 확인한 경우 90g 이상의 측면가속도가 발생한 2건의 측면충돌에서 연료장치의 파손이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 더불어, 상대적으로 1/10 수준으로 낮은 9g의 충돌가속도가 발생한 1368kg MDB 측면충돌에서도 연료누출 및 연료장치 파손이 발생하였다.

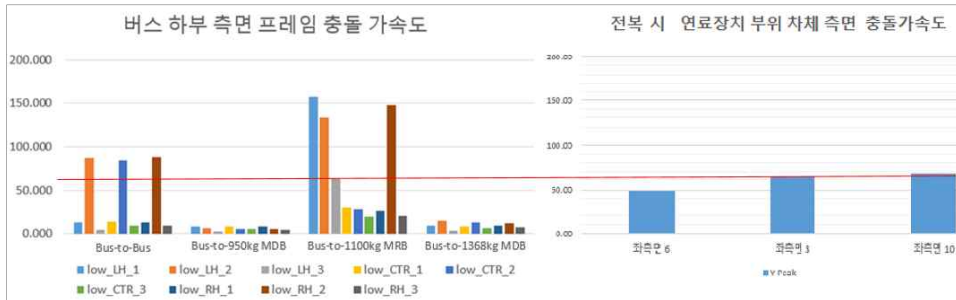


Fig. 8 Acceleration according to side crash test types

연료탱크 중심에서의 차체 너비방향 충돌가속도 역시 MRB 대향차를 제외하고는 10~15g 범위에서 측정되었다. 이는 현행 자동차안전기준 제91조제6항에 충돌모의시험(Sled)에서의 충돌가속도 기준(5g)보다 높은 수치임을 알 수 있다. 그럼에도 불구하고 4개 측면충돌시험에서 안전기준인 연료장치 부착장치의 파손은 없었지만 3개 측면충돌에서 연료누출이 발생하였다.

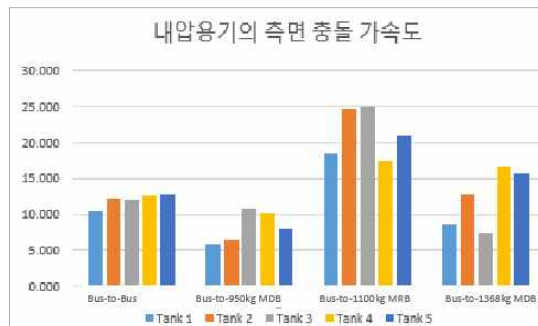


Fig. 9 Acceleration on each fuel tanks according to side crash test types

충돌 시 연료장치 부위의 차체변형량 등을 분석한 결과 다음과 같은 특성이 있었다. 첫째, 최대 변형량은 충돌에너지와 크게 상관성이 없는 것으로 나타났다. 충돌에너지가 가장 큰 대형버스와 대형버스 측면충돌은 대향차 충돌보다 충돌에너지가 약 3~4배 높지만 최대 변형량은 크게 차이나지 않았다. 둘째, 연료장치 부위 변형위치는 충돌하는 차체의 형상에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다. 대향차 범퍼까지의 높이가 300mm 이상인 대형버스와 950kg MDB의 경우는, 300mm 이하의 범퍼 높이를 가지는 1,100kg MRB(175mm) 및 1,368kg(279mm) MDB의 경우와 CNG 버스의 사이드 실(Fig 10의 FL, 높이 350mm)의 변형량에 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 셋째, 연료장치 부위 차체 측면 최대 변형량이 연료장치 파손 및 연료누출에 영향을

주는 것으로 확인되었다. 특히 측면보호대(FU)가 100mm 이하인 50km/h 950kg MDB 평가만 연료장치 파손 및 누출이 발생하지 않았다.

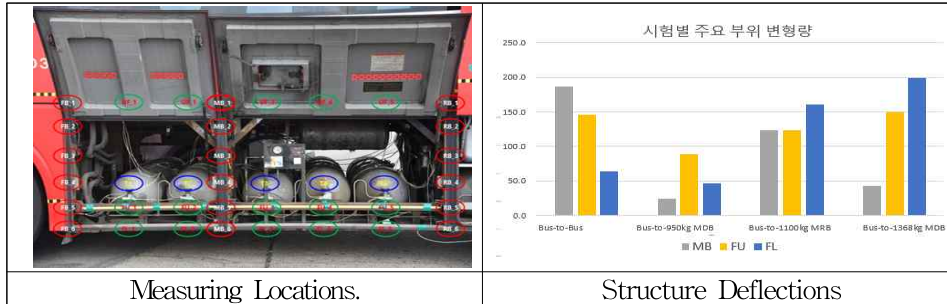


Fig. 10 Measuring locations and structure deflection depend on the side crash tests.

4. 결론 및 고찰

- 1) 본 평가연구를 통하여 대형버스의 고압내압용기 설치 위치가 하부인 경우 차체 구조 특성 등에 따라 측면충돌에서 연료장치의 파손 및 연료누출 위험성 등이 있음을 확인하였다.
- 2) 충돌 가속도는 총 충돌 에너지보다 충돌 대향차(Parter vehicle)의 전면부 구조 및 강성에 따른 영향이 크며, 전복시험 역시 대형버스 대 대형버스 충돌과 유사한 충돌 가속도를 보임을 확인하였다.
- 3) 측면충돌 시 연료장치 부위의 충돌 가속도보다 차체 변형량의 영향이 더 크며, 특히 필러 변형량 보다는 측면보호대 및 사이드 실의 변형량에 큰 영향을 받는 것을 확인하였다.
- 4) 현행 자동차안전기준(제91조제6항)에서 대형상용차의 연료장치 안전성을 평가하는 충돌모의평가보다 실차 측면충돌시험에서 더 높은 가속도가 발생하였지만 연료장치 부착장치 파손이 없어 안전기준에 만족한다고 볼 수 있다. 하지만, 연료장치 파손 및 연료누출이 발생한 것을 고려하여 현행 내압용기 연료장치 안전성 관련 자동차안전기준의 충돌모의평가는 보완 및 개선 등이 필요한 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2020~2023년도 국토교통부(MOLIT) 및 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 재원으로 “수소버스 안전성 평가기술 및 장비개발 사업, 22HBST 158067-03”의 지원 수행하였습니다

참고문헌

- [1] 자동차안전연구원, “수소버스 전복 시 연료장치 안전성 세부평가기술 마련 검토 보고서”, 2020. 12
- [2] 자동차안전연구원, “수소버스 전복 시 연료장치 안전성 강화 관련 고도화 연구 보고서”, 2021. 6
- [3] 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제91조
- [4] UN Regulation Nos. 34, 67, 94, 95, 100, 110, 134, 135 and 137
- [5] FMVSS Nos. 301 and 303
- [6] 이정민, “수소버스 전복 시 연료장치 충돌안전성 고도화 연구”, 2021 한국자동차 안전학회 추계학술대회 논문집

수소버스 실차 성능평가 기반 파워플랜트 시험법 연구

이호식, 신석원, 전현진*, 김광일*, 김용훈**

테너지, *자동차안전연구원, **충남대학교

A Study on Power Plant Test Method Based on Fuel Cell Bus Experimental Results

Hosik Lee, Sukwon Shin, Hyeonjin Jeon*, Kwang-il Kim*, Yonghun Kim**

TENERGY, *KATRI, **Chungnam University

요 약

지구온난화의 원인 중 하나인 이산화탄소(CO₂)의 배출을 줄이기 위해 자동차의 전동화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 연료전지 차량은 내연기관 차량(ICE)보다 차량 에너지 효율이 높고, 배터리 전기 차량(BEV)보다 에너지 저장 밀도가 높다. 이러한 특성으로 인해 연료전지 시스템은 높은 차량중량으로 인해 요구 출력이 크며, 장거리 주행을 위해 많은 에너지 저장을 필요로 하는 상용차에의 적용이 주목 받고 있다.

본 연구그룹에서는 연료전지차량에서 연료전지와 배터리로 구성되는 파워플랜트의 출력시험 방법에 대한 연구를 수행하였다. 원동기의 출력은 차량성능을 표현하는데 주요하며, 세급산출의 기준이 될 가능성이 있어 소비자에게 정확한 정보를 제공하고 관리기준의 근거로 사용될 수 있도록 모터 출력을 정확히 측정하는 것이 중요하다. 국내 원동기 출력 시험법은 내연기관 출력 시험, 모터 출력 시험, 연료 전지 출력 시험, 배터리 출력 시험 등 단품시험으로 구성되어있다. 그러나 모터 출력을 평가하기 위한 단품 시험의 경우, 모터에 공급되는 공급 전력을 정의하는데 어려움이 있다. 연료전지 스택과 배터리의 개별 출력은 BHDC 효율, 보기류 동력 소모 등으로 인해 원동기에 공급되는 통합 출력과 다르기 때문에, 합리적인 공급 전력을 선정하기 위해서는 이를 고려한 평가 방법에 대한 연구가 필요하다. 이에, 본 연구에서는 국내 원동기 출력시험 방법을 대상으로 한 연료전지버스 운전시스템 성능평가 기술 개발을 위해 연료전지 차량의 실주행 시험을 실시하였으며, 다양한 운전 조건에 대한 각 요소들의 소모동력과 출력을 계측하였다. 이러한 실차 시험 결과를 토대로 파워플랜트의 시험법 중 구동전동기 공급전력에 대한 정의와 각 부품의 손실에 대한 대략적인 산정방법에 대하여 정의하였다.

전기자동차 모터에서의 튜닝 요소에 따른 성능 및 안전성 분석

김용훈, 박재경, 이호식*, 전현진**

충남대학교, *테너지, **한국교통안전공단 자동차안전연구원

Performance and safety analysis according to tuning factors in electric machines

Yonghun Kim, Jaekyung Park, Hosik Lee*, Hyeonjin Jeon**

Chungnam National University, Mechanical Engineering department, 99
Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea

*TENERGY, Green Mobility Team, 145, Gwanggyo-ro, Yeongtong-gu,
Suwon-si, Gyeonggi-do, Korea

**Korea Automobile Testing&Research Institute, Testing&Research Division,
200, Samzon-ro, Songsan-myeon, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, Korea

요 약

전기자동차, 하이브리드 자동차, 수소전기차는 모터를 기반으로 동작하고 있으며, 배터리-인버터-모터로 이어지는 전기기계구동계는 지난 10년간 전기자동차의 관점에서 크게 발전하였다. 최근에는 전기차량뿐만 아니라, 전기 이륜차, 전기 자전거 등으로 모빌리티 시장에서의 전기기계구동계가 확대 적용되고 있으며 다양한 형태로 개발이 진행되고 있다. 그러나 이러한 전기기계구동계에 대한 사양을 정의하는 것이 쉽지 않을 뿐만 아니라, 구동 방법도 다르기 때문에 성능과 안전성을 확보하고 이를 보증하는 것이 상호로 어렵다.

본 연구에서는 왜 전기구동계에서 성능을 일괄적으로 정의하는 것이 어려운지, 그리고 다양한 튜닝 변이인자들에 따른 성능의 차이를 분석하며, 어떻게하면 평가기준으로서 이러한 분석이 활용될 수 있는지에 관해서 서술한다.

Key words : 영구자석동기모터(Permanent magnet synchronous motor), 최고 출력(Maximum power), 튜닝인자(Tuning factor), 성능 분석(Performance analysis)

THz 파를 이용한 Type IV 수소 내압용기 플라스틱 라이너 비파괴 검사

장혜림*, 이은송**, 강래형***

*전북대학교 메카트로닉스공학과, LANL-JBNU 한국공학연구소,

**전북대학교 유연인쇄전자공학과, LANL-JBNU 한국공학연구소,

***전북대학교 유연인쇄전자공학과, 메카트로닉스공학과, LANL-JBNU
한국공학연구소

Non-destructive testing of the plastic liner for the type IV hydrogen pressure vessel using THz wave

Hye-Lim Jang*, Eun-Song Lee**, Lae-Hyong Kang***

*Dept. of Mechatronics Engineering, and LANL-JBNU Engineering
Institute-Korea, Jeonbuk National University,

**Dept. of Flexible and Printable Electronics, and LANL-JBNU Engineering
Institute-Korea, Jeonbuk National University,

***Dept. of Flexible and Printable Electronics and Dept. Mechatronics
Engineering, and LANL-JBNU Engineering Institute-Korea, Jeonbuk National
University

Corresponding author's e-mail: reon.kang@jbnu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 THz 파를 활용하여 Type IV 수소 내압용기 시제품의 결함을 파악할 수 있는 비파괴 검사 내용을 다루고자 한다.

수소 내압용기의 결함 검사를 위해 광전도 안테나 기반의 THz 시간영역 분광시스템(terahertz time domain spectroscopy)을 사용하였으며, 로봇 팔에 내압용기를 장착 후 검사 영역에 맞게 로봇 팔을 이동하면서 검사 데이터를 취득하였다. 취득된 THz 데이터는 신호처리를 통해 가시화 결과를 확인하였다.

수소 내압용기의 결함 영역의 스캔 결과에서 정상 영역과 달리 내부 결함의 형태가 가시화되는 것을 확인하였다. 또한, 내압 용기의 표면 상태도 함께 파악됨에 따라 THz 비파괴 검사 시스템을 통하여 내압용기의 내부, 외부 결함 모두 파악할 수 있음을 확인하였다.

수소 내압용기의 정기 검사에 본 연구기술을 적용한다면 수소 내압용기의 내외부 결함으로 인한 폭발 사고 예방과 운행 자동차 안전성 확보에 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

Acknowledgement: 이 논문은 2021년도 정부(국토교통부)의 재원으로 국토교통과 학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(21HBST-B158067-02).

복합소재 압력용기의 적층 조건에 따른 내압 성능 특성 해석 연구

이용우

신한대학교 기계자동차융합공학과

A Study of Strength Analysis on Pressure Test according to the Lamination Conditions of Composite Pressure Vessel using Finite Element Method

Yongwoo Lee

Associate professor, Dept. of Mechanical & Automotive Engineering, Shinhan University

요 약

본 연구에서는 수소압력용기의 안전성 평가를 위해 유한요소해석을 이용하여 복합소재의 적층 특성에 따른 내압조건에서의 강도 특성을 분석하였다. Type 4 수소압력용기의 내압에 대한 강도 특성을 검토하기 위해 돔 부 헬리컬 층과 실린더 부 후프 층의 두께 및 적층조건에 따른 강도특성을 유한요소 해석을 통해 검토하였다. 복합소재의 기계적 성질을 도출하기 위해 ASTM D3039 규격에 따른 시편 모델링을 수행하고 적층 특성을 부여한 후 인장시험 조건에 따른 해석을 수행하였다. 도출된 기계적 성질을 바탕으로 각각의 적층설계 조건에 따른 인자별 특성에 따른 내압용기 모델링을 수행하고 내압조건 700 bar를 부여한 후 강도특성을 비교하였다. 이를 통해 설계변수에 따른 특성에 따라 복합소재 압력용기의 내압 성능을 향상시키기 위한 연구에 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

대용량 압축수소저장용기의 평가를 위한 설계사양 도출에 관한 연구

이동훈, 전호병, 하기역, 정찬호, 양윤영

한국가스안전공사 가스안전연구원

A study of Specification Design of Evaluation System for Compressed Hydrogen Storage System

Lee Dong Hoon, Jun Ho Byung, Ha Gi Yeok, Jeong Chan Ho, Yang Yun
Young

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

요 약

정부는 수소경제 활성화 전략을 강점이 있는 수소차를 선도로 해서 세계 최고수준의 보급정책과 안전관리를 목표로 정책을 추진해 나가고 있다. 최근 수소차의 추진방향이 승용차량에서 상용차량 및 수소열차등 대형화 되고 있는 추세에서 대용량 압축수소저장시스템(CHSS : Compressed Hydrogen Storage System)에 대한 시험설비에 대한 요구가 급격히 증대되고 있다.

국내에서는 한국가스안전공사에서 수소차 관련 자동차 부품 및 용기류에 대한 일부시험등을 국토교통부고시에 따라 평가할 수 있는 시스템을 구축·운영해 왔으나, 대용량 CHSS에 대한 설비의 구축은 전세계적으로도 몇 군데 구축하고 있지 않는 고난도의 시험설비이다.

최근 전세계의 수소차량에 대한 용기 및 부품의 시험기준이 GTR No.13으로 일원화 되어 가고 있는 과정이지만, 아직 전세계적으로 협의단계에 있을뿐 각국에서는 기존의 시험기준과 GTR을 혼용하는 입장을 취하고 있는점도 아직까지 시험기준이 완벽하게 체계화 되어 있지 않다는 점을 의미할 수 있다. 하지만 GTR No.13의 시험기준은 기존의 시험방법보다 가혹하며, 실제적으로 차량의 부품에 발생할 수 있는 가혹조건을 내포하고 있다는 점에서 현재상황에서는 가장 안전성을 확인할 수 있는 엄격한 시험방법이라 할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 수소버스와 같은 상용 수소차량에 탑재되는 대용량 수소저장용기에 대하여 현존하는 가장 높은 시험기준인 GTR No.13을 평가할 수 있는 시스템을 구축하기 위하여 도출한 평가장비의 설계사양 및 구축계획을 소개하고자 한다.

Acknowledgement : 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음.(과제번호 22HBST-C158081-03)

CFRP 소재의 낙하 충격하중에 대한 실험과 시뮬레이션을 통한 물성치 추정

이현주, 허덕재, 공만식, 이동훈*, 고동신
고등기술연구원, 한국가스안전공사 가스안전연구원

Prediction of Mechanical Properties by Ball Drop Test and Simulation of CFRP Material

Hyun-ju Lee, Deog-jae Hur, Man-sik Kong, Dong-hoon Lee*, Dong-shin Ko
*Institute for Advanced Engineering, *Institute of Gas Safety R&D, Korea gas safety Corporation*

요 약

화석연료 사용에 따른 환경오염의 심화로 인해 대체 에너지로써 수소에너지가 각광받고 있으며, 수소에너지를 사용한 연료전지 차량 개발이 가속화 되고 있다. 수소는 압축 저장되기 때문에 폭발 등의 위험으로부터 운전자 보호 및 안정성 확보를 위해 수소 용기는 금속재료가 아닌 비강성, 비강도의 탄소섬유 복합재료(CFRP)로 제작되고 있다. 차량에 적용되는 수소용기는 충격하중에 노출될 확률이 높기 때문에 충격하중에 대한 안정성 분석이 필요하다. 그러나 CFRP는 섬유방향, 적층각도, 적층량 등 설계 및 제작 방식에 따라 기계적 성질이 다르게 나타남으로서, 금속재료와 달리 모재 균열, 섬유파단, 층간 분리 등 여러 형태의 파단모드 발생으로 일반적인 시험으로 파괴 메커니즘 구현의 어려움이 존재한다.

본 연구에서는 CFRP 수소 압력용기 낙하충격에 대한 영향과 정확한 분석을 목적으로, 인장시험 및 물성 역도출 최적화를 수행하고 낙하충격 해석모델의 물성정보를 도출하였다. CFRP 시편 제작 후 인장시험을 수행하여 Force-Displacement Curve와 Stress-Strain Curve를 도출한 다음, 도출된 결과 Data를 인장해석모델에 반영하여 실험계획법 및 최적화 해석을 수행 후 복합소재의 Elastic Modulus, Shear Modulus, Poisson's Ratio, Fracture Constant를 도출하였다. 도출된 물성정보의 신뢰성 검증을 위해 낙하 충격 시험 및 해석 결과를 비교한 결과, Defect size는 실험 6.0 mm(40J), 해석 6.25 mm(40J)로 실험과 해석의 오차율은 약 4 % 내외로 확인되었다. 따라서 본 연구의 시험 및 해석 방법을 통해 복합소재의 물성 예측이 가능할 것으로 판단된다.

※본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원(세부과제번호: 21HBST B158088-02)의 지원에 의한 연구임

대면적 솔리덴 촬영기법을 활용한 수소 확산 가시화에 관한 연구

김승환, 허승건, 이재진, [†] 김광석

한국가스안전공사 화재폭발연구부

A Study on the Simulation of Hydrogen Dispersion Visualization Based on Large-Scale Schlieren Images

Seung-Hwan Kim, Seung-Gun Heo, Jea-Jin Lee, [†] Kwang-Seok Kim

Fire Explosion Research Department, Korea Gas Safety Corporation
Yeongwol-gun 26203, Korea

수소는 연소 후 물이 생성되는 친환경 연료로 각광받고 있으며 발열량이 석유보다 약 3배 높은 효율적인 에너지로 적절한 조건에서 사용하면 안전한 에너지원으로 사용할 수 있다. 현재 국내 수소자동차의 수요와 공급이 늘어남에 따라 수소충전소의 개소가 점차 증가하고 있는 상황인데 증가하는 수소충전소에 대해 철저한 안전관리가 필요하다. 수소충전소에서 수소튜브트레일러, 수소 압축저장실린더에 미세한 균열이 발생하거나 배관 및 밸브의 연결부분에서 초고압의 수소가 누출될 경우 확산으로 인한 피해가 발생할 수 있다. 따라서, 수소 누출시 대형사고를 방지하고 안전거리를 확보하기 위해 수소누출 확산범위 가시화에 관한 연구를 위해 솔리덴 장비를 통해 이미지화 할 필요가 있는데 여기서 솔리덴이란 기체의 밀도에 따른 광 굴절률 변화의 원리를 활용한 것으로 유동체의 가시화를 가능하게 하는 방법이다.

본 연구에서는 솔리덴 가시화 촬영장비를 이용하여 노즐의 크기를 고정한 채로 분출 압력 변화에 따른 초고압 수소가스 확산 가시화 분석 시험을 진행하였으며 초고압의 수소분출 시 분출 거리·분출 양상·분출 각도를 측정 및 분석하여 수소 확산 가시화에 대한 연구를 진행하였다.

본 연구는 소방청 재난현장 긴급대응 기술개발사업(과제번호 : 20008021) 연구비 지원으로 수행되었습니다.

액화수소 제조 및 저장 공정에 대한 위험성 분석

신단비, 서두현*, 이광원**, 김태훈***, 홍성철***

호서대학교 안전공학과, *피에스피, **호서대학교 안전소방학부, ***호서대학교 안전공학과

Hazard analysis for liquified hydrogen manufacturing and storage processes

Shin Dan-Bee, Seo Doo-Hyoun*, Rhie Kwang-Won, Kim Tae-Hun***, Hong Seong-Chul*****

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

***Division of Safety and fire protection, Hoseo University, ***Department of Safety Engineering, Hoseo University*

요 약

우리나라는 미래 에너지원으로 수소를 주목하고 있으며 연구 및 개발, 실증이 활발히 이루어지고 있다. 현재까지 수소 산업은 기체수소가 주를 이루고 있으나, 우리나라에 대형 액화수소 플랜트 3곳이 들어서는 등 액화수소로의 인프라 전환이 이루어지고 있다. 액화수소는 기체수소에 비해 약 800배의 밀도를 갖기 때문에 대용량 저장에 용이하다. 또한 단위부피, 단위 무게당 에너지 저장밀도가 높다. 하지만 수소는 -253°C 의 극저온에서 액화되므로 극저온을 유지하는 것이 핵심이다.

따라서 미래 수소 산업 확대를 위한 액화수소 위험성 연구는 필수적이다. 이에 본 연구에서는 기체수소를 액화 후 사용하는 공정에 대한 위험요소를 분석하고자 한다.

본 연구는 공정 전체의 흐름을 검토하고 위험요소를 도출할 수 있는 정성적 위험성 평가 기법인 HAZOP(Hazard and Operability Analysis) 기법을 사용했다. 대상 공정은 튜브트레일러를 통해 기체수소를 공급받아 기체상태로 액화저장탱크의 Top fill하거나, 기체수소를 냉각시킨 후 액화수소를 트레일러에 전달하는 공정이다.

위험성 평가 수행 결과 총 180개의 위험요인 시나리오가 도출되었으며, 57개의 조치계획을 제안하였다. 위험요인에 대한 위험도 산출을 통해 우선조치사항을 도출하였으며, 그에 대한 개선권고사항을 제안하였다. 공정 특성과 관련된 주요 개선권고사항으로는 탱크 및 배관의 이중관 단열 파괴 시 탱크 및 배관 등의 손상 우려가 있으므로 액화기 외조에 압력방출장치를 설치 검토하도록 하였으며, 액화기 내 잔량이 일정량 미만인 경우 공정 지연이 발생할 수 있으므로 액화수소 양에 따른 제어로직을 수립하도록 권고하였다.

감사의 글 : 본 연구는 에너지기술평가원 에너지기술개발사업(20203040030110)에 지원을 받아 선행연구로 진행되었습니다.

수소연료전지 자동차에 대한 누출규모 별 사건수 분석 연구

이동민, 서두현*, 이광원**, 김태훈

호서대학교 안전공학과, *피에스피, **호서대학교 안전소방학부

A Study of Event Tree Analysis in hydrogen fuel cell vehicles

Dong-Min Lee, Doo-Hyoun Seo*, Kwan-Wong Rhie**

Department of Safety Engineering, Hoseo University,

**PSP,*

***Department of Safety and Fire Protection, Hoseo University*

요 약

2019년 1월 수소경제 활성화 로드맵을 시작으로 수소충전소 보급과 수소연료전지를 사용한 자동차의 개발이 활발하게 진행되고 있다. 이에 수소충전소에 대한 다양한 연구가 진행되었지만 수소자동차에 대한 연구는 더욱 활성화되어야 할 시점에 있다. 특히, 수소연료탱크를 내부에 탑재하고 주행해야 하는 차량의 경우 주행, 주차, 충전 등의 상황별로 사고의 형태를 파악할 필요가 있을 것으로 사료된다.

이에 따라 본 연구에서는 수소를 연료로 사용하는 차량에 대해 수소가스의 누출의 규모별, 주행 및 주차 등을 고려한 상황별로 사고의 전개에 대한 시나리오를 분석하고자 사건수 분석(ETA)를 활용하였다. 수소자동차의 차량 사고 혹은 수소누출이 일어났을 시 외부 점화에 의한 화재, 폭발 또는 실내 주차 상황에서의 VCE(Vapor Cloud Explosion) 등에 따른 위험성을 사고전개별로 살펴보았다.

분석한 누출 시나리오는 누출 규모별 대규모, 중규모, 소규모로 세분화하여 분류하고, 자동차 특성에 맞게 주차 중, 충전 중, 운전 중으로 재세분화를 진행하여 초기사건을 정의하였다. 후속 사상(대응단계)은 누출 감지기 및 Shut down system, Human Error 등 뿐아니라, 차량의 사고 발생 또는 충돌 위치에 따른 영역을 고려하여 설정하였으며, Success/Fail 발생 빈도는 관련 문헌 및 신뢰도데이터 복을 인용하여 Consequence를 도출하였다.

본 연구 결과는 수소연료전지 차량에 대한 안전성 및 사회적 수용성을 고려하기 위한 자료로 활용될 수 있으며, 향후 정량적 위험성평가(QRA)를 수행하기 위한 기초자료로 활용될 수 있기를 기대하며, 이를 위해 추가적인 세부 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글 : 본 연구는 한국에너지기술평가원 수소충전인프라 안전관리 핵심기술개발(20215810100060)에 지원을 받아 연구가 진행되었습니다.

수소 압력용기 재검사 기술의 음향방출시험 적용 타당성 분석

신동호, 이민경, 김정환, 이재훈
한국가스안전공사 가스안전연구원

Analysis on the Application of Hydrogen Pressure Vessels Re-inspection Technology to Acoustic Emission Testing

Dongho Shin, Minkyung Lee, Junghwan Kim, Jaehun Lee
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

수소는 주로 고압의 상태로 저장되기 때문에 용기 내부에서 발생한 균열을 더욱 정밀하게 관찰해야 한다. 현재 수소 압력용기는 안전성을 평가하기 위한 방안으로 음향방출시험(Acoustic Emission Testing, AE시험)이 활용되고 있다.

음향방출시험은 압력용기가 하중을 받을 때 결함에서 발생하는 소리를 검출하는 시험으로, 내부 결함의 미세 거동을 분석하여 안전성을 평가할 수 있다. 또한 음향방출시험은 측정을 위한 가압조건형성과 잡음제거의 어려움이 있으나 압력용기 개방 시 오염, 인력, 정지 기간 등의 어려움을 해결하며 가동중지 없이 검사할 수 있다는 장점이 있다.

이에 본 연구에서는 국내 수소 충전소와 압력용기의 현황을 파악한 후, AE시험의 원리 및 시험 절차 등을 조사하여 수소 압력용기에 음향방출시험 적용 타당성에 대해 분석 하였다. 또한 음향방출시험을 압력용기에 실제 적용한 사례를 제시함으로써 나타날 수 있는 효과를 분석하였다.

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

액화수소 기술 동향 및 안전기준 개발 현황

강 승규, 김 혜림

한국가스안전공사 가스안전연구원 수소연구실

Liquid Hydrogen Technology Trends and Safety Standards Development Status

Kang Seung Kyu, Kim Hye Lim

Division of Hydrogen Research, Korea Gas Safety Corporation

요 약

액화수소는 대용량을 저장하고 운송하는데 장점을 가지고 있어, 수소경제가 본격화 되는 시점에 수소를 공급하는 방법으로 매우 효율적인 기술로 평가된다. 그렇기 때문에 수소 경제를 선도하는 선진국들은 액화수소 생태계를 점점 확대해 나가고 있는 추세이다. 국내에서도 최근 액화수소를 통해 저렴한 비용으로 대용량의 수소를 공급하기 위해 여러 기업들이 투자를 확대하고 있다. 그러나 액화수소의 대량 저장 및 운송의 장점은 안전 측면에서는 사고 발생 시 사고가 더욱 확대될 수 있다는 우려가 존재하는 것이 사실이다. 본 논문에서는 이러한 액화수소의 기술동향을 살펴보고, 국내·외의 액화수소 기준 개발 현황을 살펴보고자 한다. 액화수소 전주기 산업 관련하여 예측 가능한 위험요인을 알아보고 안전기준에서 다루고 있는 사항을 살펴 보았다. 이를 통해 국내의 액화수소 산업이 안전하게 뿌리내리는 계기가 되기를 바란다.

(감사의 글)

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 “수소 전주기 통합 위험성평가 프로그램 및 액화수소 설비 안전기준 개발” 연구 과제입니다. (No.20215810100060)

수소 전기 트램 실증을 위한 충전 시설의 안전성 확보에 관한 연구

이효렬

한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on Secure the Safety of Refueling Station for On site Performance test of Hydrogen Tram

Hyo-Ryeol Lee

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

요 약

국내 수소 경제 활성화 로드맵 발표와 세계적으로 수소 에너지 활용에 적극적 추세로 버스, 트럭 등 상용차에 대한 시장이 급격히 증대되고 있으며, 나아가 트램을 포함하는 철도, 선박 등 기타 수소 모빌리티로 확대 중이다. 특히, 독일, 미국, 유럽, 일본, 중국 등 주요 국가에서 수소 전기 열차에 대한 연구 개발과 실증을 진행 중이며, 국내에서도 규제 자유 특구, 규제 샌드 박스를 활용하여 다양한 수소 모빌리티 개발 및 실증을 추진하고 있다. 이는, 수소경제 활성화 정책과 기존의 디젤을 사용하는 열차, 버스 등의 대중 교통을 수소 전기 열차 및 트램으로 대체하여 탄소 배출 감소를 동시에 만족하는 합리적인 대안이다.

현재 고압가스안전관리법에서는 수소 자동차를 제외한 모빌리티로 충전 행위가 금지되어 있으며, 실증을 위해서는 안전성 확보 대책을 마련해야 한다. 본 논문에서는 수소 전기 트램 실주행 환경 실증에 필요한 수소 충전 시설의 안전성 확보를 위해 정량적 위험성 평가 및 현장여건을 고려한 추가 안전 기준 마련에 대한 연구를 수행하였다. 정량적 위험성 평가는 수소 충전소 안전성평가 전용으로 개발된 HykoRAM을 활용하여, 수소 전기 트램 실증 부지인 울산항역을 기준으로 패키지형 충전시설에 대한 안전성 평가를 수행하였다. 평가 결과 도출된 개인적 위험도는 설계 사양 기준을 기준으로 $1E-05/yr \sim 1E-07/yr$ 의 윤곽선이 형성되었고, 허용 기준인 $1E-06/yr$ 을 초과하였으므로 조건부허용영역에 속하는 것으로 나타났으며, F-N Curve가 Minimum Criterion Line 아래의 영역에 위치하므로 이 시설의 사회적 위험은 허용영역에 속하는 것으로 나타났다. 정량적 위험성 결과를 바탕으로 피해 경감 조치를 강화한 추가 안전 기준(안)을 마련하였으며, 향후 충전 시설 운영 및 안전 데이터를 실시간 수집·분석하는 모니터링 시스템 구축을 통해 안전성을 확보할 예정이다.

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “자동차산업기술개발 수소 전기 트램 실증사업”(수소전기트램 실주행 환경 실증 및 운영기술 개발 (P0018648, 2021))으로 수행된 연구 결과입니다.

고압가스용 저장탱크 및 압력용기에 대한 내수소취성 성능평가에 관한 검사기준 분석

임원섭, 이재진, 류영돈

한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터

Analysis of inspection standards for hydrogen embrittlement resistance performance evaluation for high-pressure gas storage tanks and pressure vessels

Wonsup Lim, JaeJin Lee, Youngdon Ryou*

*Energy Safety Empirical Research Center, Korea Gas Safety Corp.(KGS)
1467-51,

요 약

산타페, 투산 등 테스트용 수소전기차 개발시대에서 본격적인 넥쏘 수소전기차의 대중화로 전세계 수소전기차 및 수소충전소 보급률 1위라는 목표를 달성했고 수소산업의 테스트베드 역할을 하고 있다.

2022년 2월5일 수소법 시행으로 수소전기차 뿐만아니라 전산업에서 수소를 사용하게 됨에 따라 수소 관련 사고가 증가될 것으로 예상됨에 따라, 이에 대한 수소안전관리가 큰 이슈가 되고 있다.

본 연구에서는 강릉TP 때처럼 사고발생시 큰 피해가 예상되는 상온 고압 수소취성을 예방하기 위해 고압가스용 저장탱크 및 압력용기 제조의 시설·기술·검사 기준에 내수소취성 성능평가 검사기준을 추가하여 고온고압 및 상온고압 상태에서의 재료선택을 강화하여 만일에 발생할 수 있는 재료의 수소취성파괴를 줄일 수 있는 기준을 제시하였다.

수소용 압력용기의 수소취성에 대한 안전성 검증 기준을 규정하고 있는 해외기준을 준용하여 국내 기준을 마련 하였다.

수소환경에서 사용되는 재료의 적합성 평가를 위한 시험기준(ASSI/CSA CHMC 1)과 수소 압력용기용 특별 요구사항(ASME Sec.VIII Div.3 KD-10)과 독일 압력용기 규격 중 피로하중 분석에 대한 특별 요구사항(AD-2000 S2), 사용적합성(API-579-1/ASME FFS-1) 기준을 참고하여 저속변형율인장시험(Slow Strain Rate Tensile Test), 파괴시험(Fracture Test), 피로파괴시험(Fatigue Fracture Test) 등으로 수소분위기에서의 재료의 인장강도, 한계균열길이, 피로균열성장을 및 사용가능수명을 결정하여 내수소취성 성능평가 기준을 만들어 수소압력용기의 안전성을 강화하였다.

본 연구는 한국에너지기술평가원의 연구비 지원으로 수행되었습니다(과제번호: 20203010040020).

수소 감응물질 조성 및 촉매 성분비율 변화에 대한 수소 센서의 성능시험 연구

임성진, 임원섭, 류영돈

한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터

Research on Performance Test of a Hydrogen Sensor for Variation of Composition of Sensing Materials and Ratio of Catalyst Constituents

Sungjin Im, wonsup Lim, Youngdon Ryou

Energy Safety Empirical Research Center, Korea Gas Safety Corp.(KGS)
1467-51,

요 약

수소경제 활성화 로드맵('19.01)에 따라 정부는 수소차와 연료전지를 양대 축으로 세계 최고 수준의 수소경제 선도 국가로 도약을 제시하고 있다. 그 일환으로 수소 공급은 수전해 및 해외생산 수입 등 2040년까지 수소 526만톤 이상이 공급되어 수소승용차 및 상용차, 수소충전소에 공급될 예정이다. 이러한 수소시설은 수소에 대한 안전관리가 중요해지고, 이를 점검할 수 있는 우수한 수소센서 및 검지기에 대한 이슈와 그 수요가 증가하고 있다. 다양한 소재의 수소센서 연구가 국내외에서 이루어지고 있지만, 국내에서 상용화된 수소 센서는 초기 응답속도, 민감도, 내구성, 회복시간의 성능이 다소 미흡하여 현장에서 활용하기엔 부족한 면이 있다.

본 연구에서는 3종의 감응물질과 및 3종의 촉매를 조합하여 민감도를 향상시킬 수 있는 수소센서를 제안하고자 한다.

산화물의 이중 접합은 동정접합에 비해 고 전자 이동성을 증가시킬 수 있으므로 높은 순방향 이득으로 센서의 민감도를 향상시킬 수 있다. 적절한 촉매 성분과 비율을 조성하여 산화환원 반응을 촉진시켜 전자의 이동속도를 향상시켜 반응속도를 높일 수 있다. 수소 감응 물질로 사용되는 대표적인 금속산화물인 ZnO, TiO₂, SnO₂과 촉매로 사용되는 Pd, Co, Cr의 비율에 따라 조성하여 수소센서를 제작하였다. 다양한 비율의 수소 감응 물질에 염화된 촉매를 넣고, 자외선을 조사하여 산화물 - 촉매나노입자 수소 감응물질을 합성하였다. 합성한 수소 감응 물질은 검지 속도와 민감도를 실온대기압 표준조건으로 측정하였다. 실험 결과, 금속산화물 혼합비와 촉매 성분비를 최적화하여 ZnO, TiO₂, SnO₂를 2:1:2로 혼합하고, Pd, Co, Cr을 2:1:1 비율로 혼합하여 금속산화물과 촉매비가 10:1 비율로 구성한 수소감응물질이 민감도가 보다 우수한 성능을 가지고 있는 것을 확인 할 수 있었다.

본 연구를 통해 우수한 수소센서 및 검지기가 국산화 될 경우 수소가스 누출로 인한 사고예방 및 모니터링을 통한 효율적인 수소 사용이 가능해질 것으로 전망한다.

수소충전소용 고압수소배관 제조기술

오윤석

포항산업과학연구원

요 약

수소경제의 핵심인프라 중의 하나인 수소충전소는 현재 대부분 승용차용 충전소의 구축이 주로 이루어지고 있으나, 향후 수소연료전지차의 시장이 버스, 트럭 등 상용차로 이전해감에 따라 상용차용 수소충전소의 구축도 활성화되고 있다.

상용차용 수소충전소와 같이 대용량의 수소충전이 필요한 경우 일일 최대 충전량, 대기시간, 충전시간 감소 등이 필수적으로 요구되나, 현행 316L 스테인리스강을 사용하는 수소배관의 경우 좁은 내경으로 인한 유량의 한계로 인해 수소충전효율 향상에 한계가 존재한다. 이에 일본제철에서는 기존 스테인리스강에 질소를 포함하여 강도를 대폭향상시킨 고질소 스테인리스강을 개발하여 내경이 확장된 제품을 제조하여 일본의 수소충전소에 해당 제품을 적용하였다.

본 과제에서는 전량 수입에 의존하고 있는 수소충전소용 고압배관을 대체하고 동시에 고유량 확보가 가능한 고강도 박육 심리스 배관을 제조하였다. 심리스 배관은 원소재의 손실을 최소화하고 소구경 배관에 적합한 핫피어싱 공법을 적용하였으며, 강도와 연신율을 확보하기 위한 최적 열처리 조건을 도출하여 기존 소재 대비 물성이 우수한 제품을 제조하였다. 또한 수소충전소에 구축시 배관설치 비용 및 시간 단축을 할 수 있는 자동용접 공정을 적용을 검토하였다.

C발표장

C-1	· 주제: 특별세션3. 수소인프라 연구 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00~15:00
C-2	· 주제: 특별세션3. 액화수소 연구 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 15:00~17:15
C-3	· 주제: 특별세션8. 수소충전소 방호벽 안전성 평가기술 · 일시: 2022년 5월 27일(금), 09:00~12:40

수소경제 활성화를 위한 수소안전 생태계 분석

한주연[†], 조호연, 탁송수
한국가스안전공사 수소안전정책처

Analysis on Hydrogen Safety Ecosystem to Revitalize the Hydrogen Economy

Ju Yeon Han[†] · Ho Yun Joe · Song Su Tak
Korea Gas Safety Corporation, Hydrogen Safety Policy Division

요 약

정부의 수소경제 활성화 정책 발표 이후 정부 및 기업들의 수소관련 정책·사업이 지속 발표됨에 따라, 정확한 수소산업 현황 데이터 확보를 통한 수소관련 시설의 안전관리 필요성이 증가하였다. 이에 수소충전소, 수소용품 등 수소 안전관리 핵심분야에 대한 기초데이터를 확보하고자 수소 안전 생태계 조사를 시행하였다. 생태계 조사를 통한 정확한 산업현황 분석 및 취약분야 발굴로 선제적 수소 안전관리 방안을 마련하고 수소안전 생태계 조성에 기여하고자 한다.

Key Words: Hydrogen, Safety, Hydrogen Ecosystem, Hydrogen Economy

수소 품질검사 수수료 지원사업 효과성 분석 및 향후 운영방안에 대한 고찰

박정호[†], 이효렬, 이인우, 탁송수
한국가스안전공사 수소안전정책처

A Study on the Future plan of Institution in Exclusively for Hydrogen Safety

Jung Ho Park[†] · Hyo Ryeol Lee · In Woo Lee · Song Su Tak
Korea Gas Safety Corporation, Hydrogen Safety Policy Division

요 약

정부는 '19.1월 「수소경제 활성화 로드맵」을 통해 본격적인 수소경제로의 전환을 천명하였고, '19.12월에는 「수소 안전관리 종합대책」(이하 종합대책)을 발표하며, 수소경제 활성화를 위한 안전기반 구축에 박차를 가하고 있다. 수소 안전기반 구축을 위해서는 지속가능한 수소안전 생태계 조성이 반드시 필요하다. 이를 위해 정부와 공사에서는 다양한 수소업계 지원사업을 추진중이다.

대표적인 지원사업이 수소 품질검사 수수료 지원사업이다. 해당 사업은 상업용 수소충전소를 대상으로 수소 품질검사 수수료 50%를 지원해주는 사업으로써, 사업자의 안전관리 역량 강화와 비용 부담완화를 도모하고 있다.

이 논문에서는 그 동안의 수소 품질검사 수수료 지원사업 추진 실적 분석과, 그를 통한 지원사업의 향후 운영 방안에 대한 논의를 하고자 한다.

Key Words: Hydrogen(수소), Safety Policy(안전정책)

연구용 수소충전소 정량적 위험성평가에 관한 연구

김부승, 김혜림, 조총희[†], 오정석
한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on Quantitative Risk Assessment of a Hydrogen Refueling Research Testbed in Gwang-ju, Korea

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

요약

국내의 경우 고압가스 안전관리법과 수소법에 의거하여 수소충전소 및 고압 수소 시설 등이 관리되고 있다. 하지만 대규모 수소 누출 등 예상치 못한 환경에서의 대형 화재 및 폭발로 인한 심각한 위험요인들이 고압 수소 저장시설에는 늘 상존한다.

그린 모빌리티의 확대 정책으로 수소충전소가 도심지에 많이 구축되고 있기 때문에 중대규모 수소 누출과 관련된 사전 위험성 평가는 반드시 필요하다. 현 수소 상용차량의 보급 확대로 대용량 수소충전소 시설이 늘어나고 있어 관련 기술개발이 활발하게 이루어지고 있다. 또한 이를 검증하기 위한 대용량, 대유량 제품 및 대형 냉각 시스템 적용 등 다양한 하드웨어의 변화가 있을 전망이다. 뿐만 아니라 대용량 수소 충전 프로토콜 검증을 위한 연구전용 테스트베드 구축도 진행중인 상태이다.

본 연구에서는 광주 자동차연구원 내 구축예정인 대용량 연구용 수소충전소의 위험요인을 분석하고 설비별 누출 및 파열로 인한 사고시나리오를 도출 후 그 결과를 토대로 정량적 위험성평가(quantitative risk assessment, QRA)를 수행함으로써 연구용 수소충전소의 안전성과 시사점을 도출하고자 한다.

Acknowledgement : 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

국제표준협력 기반구축 방안에 관한 연구

김혜림, 강승규

한국가스안전공사 가스안전연구원

A study on how to establish the foundation for international standard cooperation

Hyelim Kim, SeungKyu Kang

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

요 약

정부의 수소경제 활성화 로드맵(‘19.1), 수소경제표준화 로드맵(‘19.4) 발표 이후 수소경제를 선도할 수 있는 산업 생태계가 구축되면서 수소 시장은 빠르게 성장하고 있다. 하지만 현재, 국제표준 주도를 위한 종합적인 전략 부재로 R&D 과제가 표준화로 연계되지 못하고 일부 분야에서 산발적으로 전개되고 있는 실정이다. 따라서 조직적이고 지속적인 국제표준화 작업을 주도할 수 있는 기반이 마련될 수 있도록 국제표준안 개발 및 국제표준협력 강화를 위한 연구가 선행되어야 한다.

본 연구에서는 수소·연료전지 국제표준안 개발 및 국제표준협력 기반 구축을 위한 방향을 제시하고자 한다. 국제표준 기반 구축을 통해 산업체가 보유한 선도기술을 국제표준으로 반영함으로써 세계시장 선점기회를 창출한다면 글로벌 경쟁력을 확보할 수 있다. 이에 따라 본 연구를 통해 수소 경제 선도국가 도약에 기여하고 국가표준 및 인증을 도입하여 수소산업 생태계 구축을 촉진하고자 한다.

“본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원의 국가표준기술력향상기술개발사업 지원으로 수행되었습니다. (NO. 20011745, 수소·연료전지 기술 국제표준화 기반 구축)”

대형 수소상용차용 멀티포트 기술개발에 관한 연구

서유림, 조총희

한국가스안전공사 가스안전연구원

A study on the development of multiport technology for Heavy duty Hydrogen vehicle

Yurim Seo, Choong-Hee Joe

Korea Gas Safety Corporation Institute of Gas Safety R&D

요 약

정부는 ‘수소경제 활성화 로드맵’을 통해 2040년까지 대형 수소상용차인 수소버스 8만대, 수소트럭 3만대의 보급을 목표로 하고 있다. 수소상용차의 충전시간은 약 30분 이상으로 넥소 기준 승용차량 대비 10배 이상의 시간이 소요되기 때문에 현재 일반 수소충전소 상용차량 충전의 경우 긴 대기시간이라는 문제가 존재한다. 이를 해소하기 위해 기존과 동일한 충전압력(700bar)에서 대유량으로 수소를 공급하는 방식과 두 개 이상의 충전포트를 통해 하나의 포트에서 기존과 동일한 유량으로 이중 공급하는 방식에 대한 기술개발과 더불어 이러한 충전방식의 하드웨어 구현과 충전프로토콜의 개발 및 충전방식에 대한 국제 표준안 도출이 필요한 상황이다.

본 연구에서는 대형 수소상용차용 충전설비의 실증을 위해 상용형 수소충전소 구축 및 연구용 모사장치를 통해 성능과 안전성을 확보하고자 하고 또한 위험성평가를 수행하고 위험요인 분석을 통해 향후 멀티포트를 적용한 수소충전소 안전기준의 기초 자료로 활용하고자 한다.

Acknowledgement : 본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원 자동차 산업기술개발사업(No.20015048)의 지원으로 수행되었습니다.

수소충전소 실시간 위험등급평가에 관한 연구

송유라, 김동환, 조충희
한국가스안전공사 가스안전연구원

Research on technology development for real-time risk rating evaluation of hydrogen refueling stations

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 158기의 수소충전소가 구축되었다. 지금도 많은 충전소가 구축되고 있지만, 아직까지 수소차량 판매대수에 비하면 충전소 구축건수가 많이 부족하고 특정 도심지 수소충전소의 장기간, 가혹적 사용으로 불특정 또는 특정 제품의 고장이 더욱 자주 발생하고 있다. 또한 충전소 부품을 국산 제품으로 이용했을 경우 빠른 유지보수가 이루어질 수 있지만, 고장이 잦은 충전소 주요 부품의 경우 대부분 수입에 의존하고 있어 유지보수 문제가 발생하면 오랜 시간이 소요될 수 밖에 없는 실정이다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 사전에 충전소 부품의 상태를 확인하고 상태에 따른 적절한 대응이 이뤄질 수 있도록 예지 점검의 필요성이 부각되고 있다.

본 연구에서는 수소충전소의 주요 부품의 상태를 확인하고 고장 여부를 판단하기 위한 위험등급평가 연구개발을 통하여 실시간으로 각 구성품의 상황 모니터링을 통해 신속한 조치 및 예지보전으로 수소충전소의 건전성 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)

튜브트레일러용 대용량 Type4 복합용기 안전기준 개발 연구

정현도, 이동현†

한국가스안전공사 가스안전연구원

Development of Safety Standard for Type4 Composite Cylinder with a Single shipment for Hydrogen of 1ton or more

JEONG HYEONDO, LEE DONGHYEON†

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

*1390 Wonjung-ro, Maengdong-myeon, Eumseong-gun, Chungcheongbuk-do,
Korea*

Abstract

현재 국내 수소 운송용 튜브트레일러는 대부분 Type1 용기를 이용해 운영되고 있다. Type1 용기는 이음매 없는 금속재용기로 생산과 활용측면에서 유리하지만 중량 및 부피 저장 효율이 낮아 운용압력이 200bar, 1회 운송량이 약 250kg에 불과하며 총 중량은 40ton에 달한다. 이를 해소하기 위해 비금속 라이너에 복합소재를 감아 만든 Type4 용기로 대체 할 경우 기존의 강재용기 보다 우수한 중량·부피 효율비를 가지기 때문에 이용적 측면에서 많은 장점을 가지고 있다.

그러나 국내 현행기준인 ‘KGS AC 419’에 따르면 수소가스운송용 복합재료 용기는 사용압력이 450bar까지이며, 수소저장용기 1개의 내용적이 450리터를 초과하지 않는 것으로 규정되어있다. ‘수소경제 활성화 로드맵’에서 제시한 수소 수요의 증가에 따른 원활한 수소의 수급 및 운송비 절감을 이루기 위해서는 현행 기준을 일부 개정하여 더욱 높은 압력과 부피를 가지는 제품에 대한 개발이 필요한 실정이다.

본 연구에서 국내 현행기준과 국외기준과의 비교분석을 통해 현행기준을 초과하는 국내 운송용 수소저장용기의 기준안 개발에 대한 방향을 제시하고자 한다.

“본 연구는 산업통상자원부 자동차산업핵심기술개발사업(20007892) 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

정량적위험성평가를 이용한 이동식수소충전소 안전성에 관한 연구

김동환, 조총희

한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on the Safety of a Mobile Hydrogen Refueling Station Using Quantitative Risk Assessment

Dong-Hwan Kim, Choong-Hee Joe

Korea Gas Safety Corporation Institute of Gas Safety R&D

요 약

2021년 정부는 대규모 국가프로젝트로서 ‘한국판 뉴딜’을 언급하며, 글로벌 기후협약변화에 대응하여 “탄소중립(Net-zero)”사회를 지향점으로 수소차 등 그린모빌리티의 확대를 추진하기로 했다. 지난해 세계최초로 “수소경제 육성 및 안전관리에 관한 법률”을 제정하고, R&D·인프라·수소차·충전소·안전·표준 등 6대 분야별 정책 마련, 수소경제위원회 출범 등 수소경제 이행을 위한 제도적 기반을 마련했다. 이런 노력들을 통해 한국에서는 2022년 2월 기준 116개소의 수소충전소가 구축되었다. 또한 단독수소충전소 모델 뿐 아니라 수소 융복합스테이션, 패키지 수소충전소, 이동식수소충전소 모델이 개발되며 수소에너지 인프라가 빠르게 확대되고 있다.

한국에서는 산업부 특례기준(산업부 고시 제2018-179호, 2018년 10월 1일, ‘융·복합, 패키지형 및 이동식 자동차충전소 시설기준 등에 관한 특례기준’)에 의해 이동식수소스테이션 구축이 가능하다. 이동식수소충전소는 허가받은 장소 간 이동하며 충전이 가능하기 때문에, 수소인프라 보급 초기단계에 도심 외곽지역 다수부지의 수소전기차 충전 수요에 대응이 가능한 장점이 있다. 그러나 이동식수소충전소는 압축기, 저장용기, 디스펜서 등의 핵심설비가 충전소 차량에 탑재된 상태로 충전사이트 간 이동하기 때문에 약 82MPa의 초고압 수소가스가 밀폐공간에서 누출 발생 시 대형 화재 및 폭발사고로 이어 질 수 있어 안전성 확보를 위한 위험요소 분석이 필요하다. 본 연구에서는 실증사이트로 2022년 5월 구축 예정인 충청북도 충주 “부지 2개소” 및 “이동경로”에 대한 이동식수소충전소의 위험요인에 대해 설비 별 누출 및 파열로 인한 사고시나리오를 도출하고, 도출된 시나리오를 통해 정량적 위험성평가(quantitative risk assessment, QRA)를 수행함으로써 이동식 수소충전소의 안전성과 시사점을 도출하였다. 이동경로의 위험수준은 허용가능한 위험수준으로 나타났고, 이동식수소충전소 부지에서는 대부분 허용가능한 위험수준과 함께 일부구간에서 조건부 허용구간에 위험수준의 결과를 도출하였다.

Acknowledgement : 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE) 및 한국에너지기술평가원(KETEP)의 2019년 산업기술혁신사업 지원으로 수행되었습니다.(No.20192910100160, 이동식 수소충전소 성능평가 및 안전관리 기술개발)

토우프리프레그 적용된 압축수소 운송용 비금속라이너 복합재료용기의 안전성 평가에 관한 연구

이동현, 오정석†, 유방현
한국가스안전공사 가스안전연구원

Research on the Evaluation Method of Nonmetal Liner Composite Cylinders for Transportation of Compressed Hydrogen applied Tow Prepreg

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

요 약

수소 모빌리티 사업은 수소자동차에서 수소용 건설기계장비, 드론 등 사업 분야에서 다양하게 확장되고 있다. 이와 같은 사업에서 고성능 수소용 저장용기 개발은 필수적이다. 수소용 자동차용기에는 알루미늄 라이너에 탄소섬유를 감는 복합재료 성형법인 습식 필라멘트와인딩(Filament winding) 공법이 주로 적용되어 제조된다. 하지만, 최근 드론과 같은 항공 사업에 적용하기 위한 용기는 더 가볍고 안전성을 높인 고성능 용기 제작기술 요구가 높아지고 있다. 따라서 기존 소재에 적용된 습식 와인딩 성형방식에서 건식 토우프리프레그 와인딩 공법으로 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구는 토우프리프레그 성형법이 적용된 비금속라이너 복합재료용기에 대한 안전성 평가 시험방법에 대하여 서술하고 있다.

“본 연구는 산업통상자원부 자동차산업핵심기술개발사업(20007892) 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

액화수소 핵심부품 평가기술 및 기준개발 연구

황봄찬, 조충희†, 오정석, 유방현
한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study of development of Safety Standard and inspection technology for LH₂ components

HWANG BOM CHAN, JOE CHOONGHEE†, OH JUNG SUK
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation
1390 Wonjung-ro, Maengdong-myeon, Eumseong-gun, Chungcheongbuk-do,
Korea

Abstract

정부는 한국판 뉴딜 종합정책('20.7) 및 수소경제위원회('20.7)의 액화수소 제조설비 국내도입에 따라 2025년까지 액화수소 충전소 40기 구축을 목표로 하고 있으며 이에 따라 액화수소 핵심부품(저장탱크, 용기, 탱크로리, 펌프, 기화기, 밸브(자동, 수동 및 체크), 안전밸브, 긴급차단장치, 진공배관 이하 “핵심부품”이라 한다.) 및 액화수소 시설의 인프라 안전성 확보 필요성이 대두되었다.

그러나 미국, 독일, 프랑스 등 해외 선진기업으로부터 국내 도입예정인 액화수소 설비의 핵심부품은 100% 수입품 의존이 불가피하고 안전성을 검증할 수 없어 안전사고 위험요인이 상존하며 특히, 액화수소 밸브류 등은 극저온(-253℃) 수소환경에서 운용됨에 따라 온도, 압력 등에 대한 성능검증이 이루어져야하나 성능검사 방법 및 안전기준의 부재로 인해 국내 수소사용 환경에 적합한 액화수소충전소 실증 및 안전성평가를 통한 한국형 액화수소충전소 안전기술 및 안전기준 마련이 시급하다.

본 연구에서는 극저온(-253℃) 액화수소 사용환경에서 액화수소 전주기 핵심부품의 안전성 검증을 위한 성능검사 기술개발 및 안전기준 마련 방향에 소개하고자 한다.

†Corresponding author : jch1128@kgs.or.kr

액화수소 충전소 핵심부품/시설 안전기술 개발 및 활용방안

문종삼

한국에너지기술평가원

Development and Application of Safety Technology for Core Parts/Facilities in Liquid Hydrogen Changing Station

JongSam Moon

Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning

요 약

미국, 유럽, 일본을 중심으로 액화수소 플랜트(62개소) 및 액화수소 충전소(33개소)를 상용화 하여 운영 중에 있으며, 우리나라도 정부와 민간기업에서 2022년부터 액화수소 플랜트 및 충전소 구축 계획을 발표하였으나, 국제기준에 부합하는 한국형 안전기준이 전무한 상태로서 정부 예산 지원을 통한 안전기준 개발과 제도화가 시급한 실정이었다. 이에 따라 산업통상자원부에서는 한국가스안전공사, 해외 글로벌기업, 국내 투자기업 등이 참여하는 액화수소 실증기준 개발 T/F를 구성하고 액화수소 전문가 자문위원회 및 워킹그룹 회의를 통해 액화수소 안전기준 (실증기준) 27개를 마련하였으며, 액화수소 충전 핵심부품 및 시설 안전기술 개발과 실증 시험을 통해 안전기준(KGS-Code)을 보완하여 제도화할 예정이다. 이에 따라 수소 버스·트럭·선박 등 대용량 사용처에 안정적으로 수소를 공급하고 핵심부품 국산화 개발 지원과 안전성 실증시험을 통한 국제기준에 부합하는 한국형 안전기준을 마련하여 제도화를 속도감 있게 추진하기 위해 산업통상자원부와 한국에너지기술평가원에서는 2022년부터 2025년까지 총 4개 과제에 대해 정부출연금 총 260억원을 지원할 예정이다. 첫번째 과제는 액화수소 저장탱크 /압력용기류의 진공·단열 성능평가 기술/안전기준 개발 사항으로 지원예산은 70억원이며, 액화수소 저장탱크 /용기/탱크로리의 구조결합에 따른 열 침투로 수소가스 발생과 누출폭발 위험성에 대비한 진공·단열 성능평가 기술 개발/환경시험을 통한 안전기준을 마련하여 제도화하는 것이다.

두번째 과제는 액화수소 핵심부품 성능검사 기술/안전기준 개발 사항으로 지원예산은 90억원이며 극저온(-253℃) 액체수소 사용환경에서 밸브류, 펌프 등 핵심부품의 압력/온도/유량 등 안전성 검증을 위한 성능검사 기술 개발/환경시험을 통한 안전기준을 마련하여 제도화하는 것이다.

세번째 과제는 수소충전소 설계 및 운전 안전성 검증 사전 진단프로그램 개발 사항으로 지원예산은 40억원이며, 기체/액화수소 충전소의 설계단계부터 운전까지의 안전성을 확보하기 위한 안전진단 시뮬레이션 프로그램 및 공정해석 프로그램을 개발하여 충전사업자 등에게 무료로 보급하는 것이다. 네번째 과제는 액화수소 충전소 구축 연계 안전성 평가/실증 및 안전기준 개발 사항으로 지원예산은 60억원이며, 해외에서 상용화된 액화수소 충전소(1,000kg/day)를 국내 환경에 맞게 설계/시공/운전 및 평가를 통해 안전성을 검증하고 안전기준을 마련하여 제도화 하는 것이다. 이와 같은 기술개발 성과물에 대한 활용방안은 첫번째 액화수소 플랜트 및 충전소 핵심 부품의 제조·검사 기준 및 시설의 설치·검사 기준 등에 대해 2024년까지 KGS-Code를 개정 승인 완료할 예정이다. 두번째 액화수소 저장탱크/용기/탱크로리 및 핵심부품 성능검사 시험장치를 기술개발이 종료되는 2025년 말에 한국가스안전공사 액화수소 제품 성능검사 센터로 이관하여 국내 기업이 제조하는 제품 등에 대한 성능검사 장비로 활용할 예정이다. 세번째 2040년까지 수소충전소 1,200기(액화수소 충전소 40기 포함) 구축과 연계하여 설계단계 및 운전상태에서 안전성을 검증할 수 있도록 안전진단 시뮬레이션 프로그램 및 공정해석 프로그램을 2026년부터 수소충전사업자/시공자 등에게 무료로 보급할 계획이다

액화수소 저장탱크, 압력용기류의 진공·단열 성능평가 타당성 분석

김필종, 최영주, 이경식
한국가스안전공사 가스안전연구원

Feasibility Analysis for evaluation standards of thermal vacuum insulation performance for cryogenic liquefied hydrogen tank and vessel

Pil-jong Kim, Young-joo Choi, Kyeong-sik Lee
Institute of Gas Safety R&D

요 약

2015년 파리기후협약 이후 온실가스 배출 가소를 위해 정부는 지속적인 친환경 정책을 추진하고 있다. 친환경 연료 전환과 더불어 이산화탄소를 배출하지 않는 수소연료의 중요성이 높아지고 있다. 정부는 국내 수소경제를 육성하고 활성화하기 위해 2019년에 ‘수소경제 활성화 로드맵’을 발표하였다. 이에 따라 수소 자동차, 선박, 건설기계, 드론 등 수소연료전지를 활용하기 위한 기술개발과 수소를 공급하기 위한 제조, 운송, 충전 등 인프라 관련 기술개발이 다양하게 시도되고 있다.

수소경제 활성화 로드맵에서 제시한 수소생산 목표는 2040년까지 526만톤으로 발표하고, 수소의 안정적인 공급과 동시에 경제성을 확보하고자 하였다. 수소의 경제성을 확보하기 위해서는 대량으로 생산된 수소를 액화하여 수송, 저장하는 기술개발, 적용이 필수적이다. 수소는 영하 253도 이하의 온도에서 액화되고 운송, 저장할 수 있는데, 이 때 수소의 온도를 비점 이하의 온도로 계속 유지하기 위한 진공·단열 기술이 필요하다. 운송, 저장을 위해 사용하는 압력용기 내부로 열이 침입될 경우 액화수소가 기화하여 증발가스(BOG, Boil off gas)를 발생하게 되는데, 압력용기 내부의 압력상승, 방출로 인한 손실, 2차 사고 가능성 등의 문제점으로 인해 액화수소를 저장함에 있어 진공·단열 성능은 매우 중요하다.

국내는 액화수소 사용사례가 없으며, 해외 일부 국가 외에는 극저온 액화수소를 상업화하여 사용한 사례가 없다. 액화수소 저장탱크의 진공단열 성능을 측정하기 위한 평가기술도 미국의 CGA H-3(Cryogenic Hydrogen Storage) 외에는 없는 실정이다.

본 연구에서는 이러한 액화수소를 저장, 운송하기 위한 압력용기의 진공·단열 성능평가를 위해 냉각상태, 가온상태의 진공도 비교, 외부입열량 대비 증발가스 발생율(NER), 진공영역에서의 누출가스 분석 등 다양한 성능평가 기술을 확보하고, 평가장치를 구축하여 국내 액화수소 저장, 운송 안전성을 확보하고자 한다. 개발된 시험장치는 2024년 하반기에 한국가스안전공사 액화수소성능지원센터에 설치될 예정이며, 환경시험을 통해 국내 액화수소 압력용기류의 진공단열 성능평가 관련 기준개정에 활용될 예정이다.

액화수소 핵심부품 성능검사기술 및 안전기준개발 연구

조충희, 황봄찬, 오정석, 유방현
한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study of development of Safety Standard and inspection technology for LH₂ components

JOE CHOONGHEE[†], HWANG BOM CHAN, OH JUNG SUK, YU BANGHYUN

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

Abstract

정부는 안전을 기반으로 한 수소 모빌리티의 확대와 수소 가격 저감 및 다양한 인프라 보급을 위해 여러 정책을 추진하고 있다. 이에 따라 수소의 장거리 및 대량운송, 대용량의 저장을 위해 높은 에너지밀도가 요구되는 액화수소 제조·저장·운송 기술이 대두되고 있지만, 국내의 경우 액화수소에 적용되는 핵심부품인 탱크류, 용기부속품, 긴급차단장치, 안전밸브, 펌프류, 기화장치 등에 대한 안전성 검증 기술과 기준이 없어 안전사고 위험요인이 상존하고 있다.

하지만 해외 선진사에서는 액화수소 제품 및 용기 등의 성능평가를 위해 다양한 기준과 시험방법이 개발되었고 글로벌 주요국가들은 실증을 기반으로 한 안전기준을 제도화하여 운영중에 있다. 정부에서도 국내 환경에 적합한 액화수소 핵심부품 검증 기술을 선도하기 위해 부품의 성능과 안전성을 확보할 수 있는 방안 도출과 관련 기술 고도화 및 기술기준 개발을 위해 적극적인 지원을 진행하고 있다.

본 연구에서는 액화수소 사용환경에 적용되는 핵심부품 안전성능시험 및 검사기술을 위한 장비 7종 개발방향과 관련 국내외 기술 및 안전기준 동향에 대한 연구내용을 소개 하고자 한다.

[†]Corresponding author : jch1128@kgs.or.kr

액화수소 저장장치의 진공단열성능 평가기술 연구

오진식[†], 신이철, 김병국, 하세웅

(주)에스지티

A study on evaluation technology for vacuum insulation performance of liquid hydrogen storage device

OH JINSIK[†], SHIN YI CHUL, KIM BYUNG KUK, HA SE WOONG,

SGT Corporation

18-13 Dugok-ro, Osan-si, Gyeonggi-do, Korea

Abstract

국내수소 산업은 정부가 직접 참여하여 국가적인 수준에서 지원하고 있으며, 안전을 최우선으로 수소 모빌리티의 확대와 수소 가격 저감 및 수소 인프라 보급을 위해 여러 정책을 추진하고 있다. 또한, 수소경제 활성화를 위해 생산, 운송, 저장 분야의 기술개발을 위해 많은 투자가 이루어지고 있다. 이에따라 수소의 경쟁력을 확보하기 위해 높은 에너지밀도가 요구되는 액화수소 제조·저장·운송 기술이 대두되었다. 다만, 국내의 경우 액화수소에 대한 주요 기술은 해외에 의존하고 있으며, 액화수소 저장장치에 대한 기술은 부족한 실정이다. 액화수소 이송/보관을 위한 핵심요소인 탱크로리, 저장용기, 저장장치 및 부품등에 대한 안전성을 검증 할 수 있는 기술이 부족하며, 신뢰성 확보를 위한 최소한의 기준이 없어 안전에 대한 위험요인을 항상 안고 있다.

하지만 해외 선진사에서는 액화수소 관련 장치 및 부품에 대한 성능평가를 위해 다양한 시험절차서, 시험기준, 요소별 시험방법이 개발되었고, 액화수소의 선두국가에서는 실증을 기반으로 안전기준을 검증 및 제도화하여 활용하고 있다. 우리나라에서도 국내 환경에 적합한 액화수소 관련 핵심장치 및 부품에 대한 검증기술을 개발하기 위해 평가성능 장치 개발과 부품의 안전성을 검증할 수 있는 방법과 관련 기술 고도화 및 기술기준 개발을 위해 적극적으로 지원하고 있다.

본 연구에서는 액화수소 사용환경에 적용되는 저장장치의 진공/단열성능을 검증 할 수 있는 장치의 개발 방향과 관련 국내외 평가기술 동향에 대한 연구내용을 소개하고자 한다.

[†]Corresponding author : jsoph@sgt.ne.kr

액화수소 핵심부품 성능검사를 위한 시험절차서 개발 및 수치해석 연구

윤정환, 오승준

동아대학교 고기능성밸브 기술지원센터

Development of Testing Procedures and Numerical Analysis for Performance Inspection of Liquid Hydrogen Components

JeongHwan Yoon, SeungJun Oh

Technical Center for High-Performance Valves, Dong-A University
37 Nakdong-daero, 550 beon-gil, Saha-gu, Busan 49315, Korea

요 약

수소는 신에너지 중 하나로 질량 대비 에너지 효율이 높으며 (석유 대비 단위 질량당 발열량 약 3배) 사용 후 부산물로 물(H_2O)만 배출되는 친환경적 연료이다. 따라서 기존의 석유, 석탄과 같은 화석연료를 대체하고 지구온난화 문제를 해결할 미래에너지로 주목받고 있다. 또한 수소는 지역적 편중이 없는 에너지 자원으로 지구상 어디에서나 여러 가지 물질 속에 포함되어 존재하며 특히 물을 전기 분해하여 얻을 수 있으므로 무한한 자원으로 평가받고 있다. 이처럼 장점이 많은 수소를 편리하고 안전하게 활용하기 위해서는 생산, 저장, 이송 기술의 발전이 필요하며 이러한 기술의 발전을 통해 다양한 방면에서 수소를 에너지원으로 적용하기 위한 시도를 하고 있다.

수소는 에너지의 저장 측면에서 활용의 가치가 크다. 온실가스에 의한 환경문제로 재생에너지 발전의 비중이 확대되고 있는 시점에서 생산된 에너지의 저장을 위해 발전량이 많을 때 잉여 전기를 이용한 수전해 방식으로 수소를 생산하고 저장하여 재생에너지의 단점인 기후 영향에 의한 에너지 부족에 대비할 수 있다.

수소를 수송, 보관하기 위한 저장 기술로는 고압의 수소 기체 저장법, 극저온의 수소 액체 저장법, 수소 저장 합금 등 고체 저장법, 흡착물질에 의한 화학적 저장법 등의 기술이 연구되고 있다. 특히, 기술 등의 제약에 따라 현재까지 보편적으로 수소를 저장하는 방법은 고압 수소 기체 저장법 이였다. 따라서 이에 대한 고압 수소 기체 충전에 대한 연구가 많이 진행되어왔다.

하지만 액체 수소 저장법과 고압수소기체 저장방법을 비교하였을 때 액체 수소의 경우 기체 수소 대비 약 800배 이상의 부피를 감소시킬 수 있고 10배의 이송 경제성을 가지고 있어 각광 받는 기술로 여겨지고 있다. 현시점에서 기체 수소를 액화하는 비용적 측면의 경제적 문제와 극저온(-253℃)의 액체 수소의 저장 및 수송에 있어 대기 온도와의 열전달을 차단하는 단열 효과를 극대화해야 하는 기술적 문제점이 있어 이를 해결하기 위한 연구 및 안전 기준/시험절차서 개발이 필요한 시점이다. 따라서 본 연구에서는 시험절차서 개발 및 진공단열에 대한 수치해석적 접근 방법을 소개하고자 한다.

극저온 진공단열 배관 및 탱크류 단열성능 평가기술연구

차건종[†], 김형천, 김경수, 김대성
(주)대창솔루션, (주)크리오스

A Study on the Evaluation Technology of Thermal Insulation Performance of Cryogenic Vacuum Insulation Piping and Tanks

CHA KEUNJONG, KIM HYUNGCHEN, KIM GUYNGSOO, KIM DAESUNG
*Daechang Solution Co. Ltd., Cryos Co. Ltd.,
155 Whajensandan-5ro, Gangse-gun, Buans, Korea*

Abstract

전 세계적인 온실가스 및 CO₂ 감축을 위해 다양한 친환경에너지 전략을 펼치고 있으며, 우리나라 정부는 안전을 기반으로 한 수소경제활성화 정책을 CO₂ 감축을 위한 핵심전략으로 추진하고 있다. 이에 따라 기존의 기체수소보다 에너지밀도가 높은 액화수소 활용에 주목하고 있다. 액화수소는 액체포화온도가 대기압 조건에서 -253°C로 매우 낮아, 쉽게 기화되기 때문에 액화상태를 유지시키기 위해서는 저장탱크나 배관에 대한 외부 열침입 차단 즉 단열이 매우 중요하다.

특히 극저온 유체인 액화수소 저장탱크 및 배관은 액화수소 플랜트 및 충전소, 액화수소 트레일러 및 탱크로리, 액화수소 용기 등에 반드시 적용되는 핵심 기자재로 제품의 기본적인 품질 신뢰성과 안전성을 보장하기 위해서는 적용 단열기술에 대한 최소한의 단열성능을 만족시킬 필요가 있다. 이에 정부에서도 국내 환경에 적합한 액화수소 핵심 기자재에 대한 성능과 안전성을 확보할 수 있는 성능평가 기술 도출과 관련 기술기준 개발을 위해 적극적인 지원을 진행하고 있다.

극저온유체 저장 및 수송을 위한 탱크와 배관에 적용되고 있는 단열기술로써 종래 비진공 우레탄단열, 진공퍼얼라이트단열이 적용되고 있으며, 최근 들어 복합소재인 에어로젤단열, Glass bubble 단열기술이 새로이 소개 되고 있다. 그러나 액화온도가 매우 낮은 액화헬륨(4.2°K) 및 액화수소(20°K)에 적용되는 단열기술로는 MLI(Multi Layer Insulation)소재를 취부한 진공단열을 적용하고 있다.

본 연구에서는 액화수소 저장탱크와 배관의 단열성능평가 기술을 확보하기 위한 선행 연구로써 MLI진공단열을 적용한 저장탱크와 배관에 대하여 단열성능평가 시 고려 사항과 열전달 특성, 단열성능평가 사례에 대한 연구내용을 소개 하고자 한다.

[†]Corresponding author : chakj@dsol.co.kr

수소충전소 설계 및 운전 안전성 검증 사전 진단프로그램 개발

이진우, 최진혁, 신상봉[†]
한국가스기술공사 신에너지연구원

Development of a pre-diagnosis program to verify the design and operation safety of hydrogen refueling stations

LEE JINWOO, CHOI JINHYUCK, SHIN SANGBONG[†]
Gas Technology Research Institute, Korea Gas Technology Corporation
1227, Daedeok-daero, Yuseong-gu, Daejeon, 34007, Korea

Abstract

정부의 수소경제 활성화 로드맵 발표와 함께 적극적인 수소 정책 추진으로 수소산업의 발전이 급속도로 이루어지고 있다. 2040년까지 국내 수소차 290만대, 수소충전소 1,200기 확충 계획하는 등 수소충전소 인프라 구축 사업이 확대되고 있다. 하지만 수소생산기지, 충전소 등 수소인프라 시설 구축이 빠르게 진행됨에 따라 그에 대응하는 안전관리 법·제도 마련이 시급한 정책과제로 대두되고 있다.

수소 설비는 신기술이 적용되고 새롭게 시장이 형성 중으로 글로벌 기준을 감안하여 국내 안전기준 정립이 필요하다. 하지만 설계 단계에서 도면에 대한 안전성 검증이 생략되거나 수소충전소에 특화된 기준과 데이터가 적용되지 않아, 수행자마다 결과가 상이하게 나오는 객관성 결여 문제가 대두되고 있다. 또한, 현행 평가 기준으로는 FMEA, HAZOP, LOPA 등이 있지만 수소충전소에서 발생 가능한 사고의 빈도, 피해 및 위험도 정보가 존재하지 않아 국내 수소충전소 적용을 위한 기준은 아직까지 개발되지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 이를 위해 수소충전소에 특화된 평가의 기준과 안전성 검증 사전진단 방법을 개발하고 공정해석 기반의 최적화 지원 프로그램을 개발한다. 또한, 안전성 검증 통합지원 플랫폼을 지원하여 안전성 검증 사전진단 프로그램을 배포한다.

[†]Corresponding author : sbshin7834@kogas-tech.or.kr

액화수소 충전소 구축연계 안전성평가/실증 및 안전기준 개발

서정수, 이아영, 이호성, 나광호†
한국가스기술공사 신에너지연구원

Safety evaluation/demonstration and development of safety standards for the establishment of liquid hydrogen refueling stations

SUH JUNGSOO, LEE A-YEONG, LEE HOSEONG, NAH KWANGHO†
NewEnergy Research Institute, Korea Gas Technology Corporation
1227 Daedeok-daero, Yuseong-gu, Daejeon, Korea

Abstract

교토의정서(1997) 이후 이어진 탄소 감축을 통한 기후변화 대응 방향이 2020년 전후로 주요국 탄소중립 선언으로 탄소 배출을 제로화하는 방향으로 전환하며 파리 기후변화협정으로 온실가스 감축목표 제시 2030년 배출전망치 851백만톤 대비 37% 감축이 제시되면서 전 세계적으로 파리기후변화협정을 통해 신재생에너지에 대한 관심도가 증가하고 있으며 무탄소 자원이면서 공급과 활용이 용이한 수소산업 발전에 주목받고 있는 추세로 전 세계 주요국 정부는 수소 기술 개발을 통한 탈탄소화를 지원하기 위해 공공자금을 적극적으로 투자 중이다

한국형 뉴딜 종합계획(‘20.7) 및 ‘22년 국가연구개발 투자방향의 “2050 탄소중립 가속화”와 수소경제위원회(‘20.7)의 액화수소 플랜트/충전소 구축 정책과 연계한 안전기술·안전기준 개발지원 필요하다

수소산업 생태계에는 크게 수소의 생산, 저장, 운송과 관련된 공급 부문과 수소의 용도에 따른 수요 부문으로 구분할 수 있으며 상태분류는 기체와 액체로 나눌 수 있는데 기체수소에 대해서는 이미 많은 인프라가 구성 중에 있으며 기체수소 단계에서 수소액화 플랜트에서 액화수소를 탱크로리에 저장 및 운송하여 액체수소 충전소 시스템에 공급하는 액체수소 활용단계로 나아가고 있는 실정이다

액체수소는 기체수소를 액화하는 대규모의 시설투자비와 액화하기 위해 추가적인 에너지를 소모한다는 단점이 있지만, 미국 DOE에서 제공하는 수소충전소 경제성 해석 모델인 HDSAM(Hydrogen Delivery Scenario Analysis Model)을 이용하여 수소의 생산부터 저장, 이송, 수소충전소에서의 판매까지의 전 주기 경제성을 평가 결과는 수소액화방식이 경제성이 있음을 확인할 수 있다

본 연구에서는 국내에서는 새롭게 시도하는 액체수소충전소를 구축, 안전성 검증, 유지관리 등의 국내 안전기준 마련을 위한 실증 기반 안전성 평가 및 안전기준 개발 방향성에 대해서 소개하고자 한다.

†Corresponding author : khna@kogas-tech.co.kr

상용수소전기차 액체수소저장시스템용 요소기능부품 기술개발 연구

남충우[†], 박장훈, 이호길
한국자동차연구원 수소모빌리티연구본부

Develop technology of key enabling components for a Liquefied Hydrogen Storage System of Heavy Duty FCEV

NAM CHUNGWOO[†], PARK JANGHUN, LEE HOKIL
*Hydrogen Fuel Cell Mobility Division, Korea Automotive Technology
Institute
303 Pungse-ro, Pungse-myeon, Dongnam-gu, Cheonan-si,
Chungcheongnam-do, Korea*

Abstract

상용수소전기차의 본격적인 보급 확대에 대비, 액체수소저장시스템에 대한 기술개발을 통해 장거리 운송에 적합한 주행거리를 확보하고, 수소저장 공간의 효율성과 차량 경제성 확보가 필요하다. 해외 선진사의 경우 액체수소전기트럭을 개발 중에 있으며, 기존 기체수소저장시스템을 액체수소저장시스템으로 변경하여 수소 1회 충전시 주행거리 800km이상 확보할 기술개발이 이루어지고 있다. 따라서 기존 700bar 고압 기체수소 대비, 단위체적과 질량당 수소저장량을 증대시킬 수 있는 액체수소저장시스템은 장거리 운행이 많은 수소상용차의 주행거리를 증대시킬 수 있으며, 차량플랫폼에서 수소저장 공간을 효율적으로 사용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 상용수소전기차 액체수소저장시스템용 요소기능부품(리셉터클, 차단·공급밸브, 기화기 등)과 저장상태에서 용기 안전성 확보하기 위한 부품(압력해소밸브, 저장량 측정장치 등)으로 구성된다. 액체수소저장시스템용 요소기능부품은 영하 253℃의 극저온 환경에서 사용 및 동작이 가능하도록 설계·제작되어야 하며, 산업·의료용과는 달리 차량의 운행환경에 적합한 기계적 강도와 내구성능, 기밀성능, 단열성능, 정밀도 등이 요구된다.

본 연구에서는 상용수소전기차 액체수소저장시스템을 구성하는 부품 중 용기를 제외한 저장시스템을 구성하는 요소기능부품의 상용화를 위한 기능부품의 핵심기술을 개발방향과 관련 국내외 기술 동향에 대한 연구내용을 소개하고자 한다.

[†]Corresponding author : cwnam@katech.re.kr

수소충전소 종류별 방호벽 설치기준 분석

류영돈, 양윤영, 임원섭, 이재진
한국가스안전공사 가스안전연구원

Analysis of Protective Wall Installation Criteria According to Hydrogen Refueling Station Type

Youngdon Ryou, Yunyoung Yang, Wonsup Lim, Jaejin Lee
Korea Gas Safety Corporation

요 약

정부에서는 2019년 수소경제 활성화 로드맵을 발표하고, 주요 추진과제로 수소 승용차, 버스, 택시 등 청정 교통 인프라 확대 및 이를 위한 수소충전소를 대폭 확대하기로 하였다. 충전소 보급 확대를 위해 2022년 310개소, 2030년 660개소, 2040년 1,200개소의 수소충전소 구축 목표를 설정하였다. 그런데, 2019년 5월에 발생한 강릉 과학단지 수소탱크 폭발사고로 8명의 인명피해가 발생하고 340억원의 재산피해가 발생하자 수소 충전소 안전에 대한 우려가 커지고 수소충전소를 기피시설로 인식하게 되었다.

수소자동차충전소의 안전기준은 「고압가스 안전관리법 시행규칙」 별표 5에서 규정하고 있으며, 제조식 수소자동차 충전기준과 저장식 수소자동차 충전기준으로 구분하여 규정하고 있다. 제조식 수소자동차 충전소는 수소를 제조·압축하여 자동차에 충전하는 충전소이며, 저장식 수소자동차 충전소는 배관 또는 저장설비로부터 공급받은 수소를 압축하여 자동차에 충전하는 자동차충전소를 말한다. 수소 자동차 충전과 관련한 상세기준(KGS Code)은 KGS FP216(제조식 수소자동차 충전의 시설·기술·검사 기준)과 KGS FP217(저장식 수소자동차 충전의 시설·기술·검사 기준)에서 규정하고 있다.

정부에서는 국내 수소충전소 보급 활성화를 위해 기존의 LPG 충전소, CNG 충전소 및 주유소와 연계한 수소 용·복합 충전소 특례기준을 마련하여 운용하고 있다. 즉, 기존의 도시가스·LPG 자동차충전소, 주유소 등에 수소충전소 병행 설치 및 패키지형 수소자동차 충전소 설치를 허용하고 있는데, 이는 고정식 충전소 보급의 한계(넓은 부지면적, 고비용)를 극복하고 보급 초기단계에 적합한 수소자동차 충전소 기준을 마련하기 위함이다.

본 논문에서는 제조식 및 저장식 수소자동차 충전소에 설치하는 방호벽의 종류, 방호벽 설치대상 및 방호벽 설치기준에 대하여 알아보고, 용·복합 충전소의 방호벽 기준과 비교하였다. 또한, 도심지 등에 설치하는 용·복합 충전소의 방호벽 기준 및 기존 방호벽 기준의 문제점을 분석하고 개선이 필요한 사항을 검토하였다.

국내 수소충전소 방호벽 설치현황 조사

박수빈, 김진석, 박달재*

서울과학기술대학교 일반대학원 안전공학과,
서울과학기술대학교 공과대학 안전공학과*

Investigations of the Installation Situation of Protective Barrier at Domestic Hydrogen Refueling Stations

Soo Bin Park, Jin Suk Kim, Dal Jae Park*

*Dept. of Safety Engineering, Graduate School, Seoul National University of
Science and Technology,*

*Dept. of Safety Engineering, Faculty of Engineering, Seoul National University
of Science and Technology**

요 약

최근에 국내·외적으로 수소충전소(Hydrogen Refueling Station, 이하 HRS)가 빠르게 구축·운영되고 있다. 이에 HRS의 위험특성을 고려하여 안전성 확보 방안, 사고 피해저감 등이 주요 연구주제로 관심을 받고 있다. 특히, HRS 폭발사고시 인근의 보호대상을 방호하는 것이 중요하나 현재 HRS에 설치된 방호벽이 보호대상을 효과적으로 방호하는지에 대해서는 명확하게 검증된 바가 없기에 폭발 실증실험, 모델링 등의 다양한 연구를 통하여 검증하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 우선적으로 HRS 방호벽 관련 국내·외 다양한 기준 등의 조사 및 국내 HRS 방호벽 현장실태를 파악하는 것이 요구된다. 이에 본 연구에서는 HRS 방호벽 관련 국내·외 기준 및 현장실태 조사를 통하여 국내 HRS 방호벽 관련 KGS Code의 제·개정 방향성을 제시하고자 한다.

본 연구에서는 국내 HRS 방호벽 설치기준 제·개정사항을 검토하기 위하여 KGS FP 216 & KGS FP 217, 용·복합 특레법, 고압가스법, 액화석유가스법 등에서 정한 사항, 국외의 경우 NFPA 2, ISO 19880-1, HyApproval, DIN 4102, VdTÜV, AIRPRODUCT 등의 자료를 조사 및 분석하여 방호벽 관련 사항을 조사하였다. 그리고 국내 HRS의 방호벽 설치 현황, 상세 스펙 등을 파악하고자 HRS 사업장을 방문하여 방호벽 현장실태조사를 수행하였다. 본 연구로부터 얻어진 결과는 HRS 방호벽 폭발 실증실험 및 HRS 관련 KGS Code의 제·개정의 기초자료로 활용하는데 기여할 것으로 판단된다.

수소충전소 보호시설과의 안전거리 검증을 위한 수소혼합가스 폭발 실증시험 설계

이주현, 이현우, 조재근, 김광석
한국가스안전공사 화재폭발연구부

Design of Hydrogen explosion test for Validating distance between Hydrogen station and Protected installations

Ju Heon Lee, Hyeon u Lee, Jae Geun Jo, Kwang Seok Kim
Fire Explosion Research Department, Korea Gas Safety Corporation

요 약

국제 사회의 탄소중립화 선언에 발맞춰 국내 수소경제 활성화 로드맵에 따른 그린 모빌리티 보급 확대에 의한 수소충전소의 증가에 의해 수소충전소의 안전관리체계 강화가 요구되고 있다. 본 연구에서는 현행 수소충전소 기준 검증을 위해 누출공간에서의 수소-공기 혼합가스 누출 폭발 시험을 진행하고자 한다. 본 연구에서는 MFC를 사용하여 농도를 조절한 10%~90%농도의 수소-공기 혼합가스를 10m³, 50m³의 누출 공간에 누출시키고, 누출공간 내부에 존재하는 점화원을 통해 폭발시켜, 방호벽 내·외부의 폭발압력을 측정하고자 하며, 방호벽 외부에 폭발압력 센서는 방호벽 후단으로부터 0.5m부터 현행 보호시설과의 안전거리 기준의 최장 길이인 30m사이에 총 9개 지점에 설치하고, 1m, 2m, 3m, 4m 높이에 각각 설치하여 폭발압력을 측정하고자 한다. 본 시험은 현행 설치된 방호벽, 높이 보강형 방호벽, 두께 보강형 방호벽, 기울인형 방호벽에 대해 각각 진행될 예정이며, 이를 통해 측정된 데이터로 형상별 방호벽의 피해저감 능력의 확인 및 폭발압력의 도달거리 및 영향범위를 도출하여, 이를 통해 현행 수소충전소 보호시설과의 안전거리 기준을 검증하고자 한다. 본 시험을 통해 측정된 데이터는 향후 수소충전소 방호벽 설계 및 설치에 활용될 DB 및 시뮬레이션 프로그램 개발 및 수소충전소 안전기준의 개정에 활용하고자 한다.

본 연구는 한국에너지기술평가원의 연구비 지원으로 수행되었습니다(과제번호: 20215810100020).

수소충전소 방호벽 폭발 실증시험에 대한 구조 안전성 해석 연구

김정훈^{1*}, 김광석², 이경식¹

한국가스안전공사 가스안전연구원¹

한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터²

Study on Structural Safety Analysis for Explosion test of Protection Wall in Hydrogen Stations

Jung-Hoon Kim^{1*}, Kwang-Seok Kim², Kyung-Sik Lee¹

Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation¹

Energy Safety Empirical Research Center, Korea Gas Safety Corporation²

요 약

수소 경제 활성화와 연계해서 수소충전소 구축이 빠르게 증가하고 있어 안전성 확보 및 사고예방을 위한 안전관리체계의 강화 필요성이 있다. 방호벽은 수소충전소의 폭발 사고를 대비한 피해저감 설비로 제기능을 할 수 있도록 구조적 성능이 확보되어야 한다. 하지만 현재 수소충전소의 방호벽 설치 기준은 과학적 근거가 부족한 상태로 발생 가능한 폭발하중에 대한 구조 안전성 평가가 요구된다.

본 연구에서는 수소충전소의 구조 안전성 평가를 위해 실시한 방호벽 폭발 실증시험을 실시하여 폭발 압력 데이터를 측정하였다. 다양한 폭발 시나리오를 검토할 수 있도록 LS-Dyna 소프트웨어를 이용하여 폭발 구조해석 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션에서 폭발하중입력은 화학적 작용 분석을 통한 폭발 하중을 적용하는 방법과 실험에서 측정된 시간에 따른 폭발압력 데이터로 적용하는 방법이 있다. 구조해석 시뮬레이션과 폭발 실증시험 결과를 비교 검토하여 방호벽의 구조해석 모델을 정립 및 개선을 하였다. 향후 추가 폭발 실증시험을 통해 구조해석 시뮬레이션 결과의 신뢰도 향상 및 다양한 사고 시나리오에 대한 안전성을 검토할 계획이다.

본 연구는 한국에너지기술평가원의 연구비 지원으로 수행되었습니다 (과제번호 : 20215810100020).

근거리 내부폭발 발생 시 폭발압력 및 인근 구조물의 거동 분석

박상우, 김국주, 박영준
육군사관학교 토목환경학과

Analysis of Explosion Pressure and Nearby Structure Behavior in Event of short-range Internal Explosion

Sangwoo Park, Kukjoo Kim, Young-Jun Park
*Department of Civil Engineering and Environmental Sciences, Korea Military
Academy*

요 약

최근 도심지에서 지하형 탄약고, 수소충전소 등 폭발 위험이 있는 시설의 설치가 증가하고 있다. 이에 따라 방호벽 설치를 통해 주변 시설의 피해를 저감시키고자 하는 방안을 수립하는 것이 매우 시급해지고 있다. 본 연구에서는 외부에서 폭발이 발생하는 일반적인 경우가 아닌 방호벽 내부에서 폭발이 발생할 경우 폭발압력과 인근 구조물의 거동에 대한 분석을 수행하고자 폭발실증실험을 수행하였다. 먼저 지붕을 제외한 사방이 막힌 형태로 2개의 철근콘크리트 방호벽 축소모형을 제작하였다. 그 후, 내부 중앙에서 13 lb의 TNT를 터뜨려 내부 반사압과 구조물의 변위 및 가속도를 측정하였다. 측정 결과, 구조물과 근거리에서 내부폭발이 발생할 경우 삼중점 발생으로 인하여 일반적인 폭발과는 다른 형태의 반사압 그래프가 도출되었다. 또한, 삼중점으로 인하여 구조물의 변위와 가속도 역시 일반적인 설계 결과와 상이하였으며, 이를 수치해석 모델을 개발함으로써 분석하였다. 분석된 결과를 토대로 내부 폭발에 대한 설계 및 실험 시 고려사항을 정리하였다.

고압 수소용기 폭발 방호벽 설계를 위한 전산해석 연구

오창보, Dinesh Myilsamy

부경대학교 시스템경영·안전공학부 안전공학전공

A Computational Study of the Blast Wall Design for the Protection of High-Pressure Hydrogen Storage Explosion

Chang Bo Oh, Dinesh Myilsamy

Department of Safety Engineering, School of Systems Management and Safety Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

요 약

최근 수소 에너지에 대한 관심이 매우 높아지고 있으며, 관련된 연구가 국내외에서 활발히 진행 중이다. 수소 에너지의 중요한 활용분야 중에는 수소 자동차도 있는데, 수소 자동차의 연료충전을 위한 수소 충전소의 개수가 급격히 늘어나고 있는 추세이다. 현재의 수소 충전소는 대부분 고압의 수소 저장용기를 사용하고 있기 때문에 안전성 측면에서 고려해야 할 점이 많다. 방호벽은 수소 충전소의 고압 수소용기 폭발에 기인한 압력파의 피해를 줄이는 안전 시설물 중의 하나이다. 이러한 방호벽을 적절히 위치시킨다면 수소폭발의 영향을 줄일 수 있는 것으로 알려져 있지만 방호벽 설계를 위한 효율적인 공학적 과정에 대해서는 아직까지 충분한 연구가 진행되지 못하였다.

본 연구에서는 고압 수소용기에서 발생할 수 있는 폭발영향을 저감시키기 위한 방호벽 설계에 전산해석기법을 적용하는 과정에 대해서 검토하였다. 여기서는 95 MPa, 184 L의 고압 수소용기가 폭발하는 것을 산정하여 방호벽이 있을 경우와 없을 경우에 대한 전산해석을 수행하였다. 전산해석에는 OpenFOAM 코드를 고압 수소용기 폭발에 적합하도록 수정하여 활용하였으며, RANS(Reynolds Averaged Navier-Stokes)기법과 EDC(Eddy Dissipation Concept) 연소모델을 적용한 해석을 수행하였다. 해석결과를 통해 방호벽에 의한 폭발영향의 저감효과를 검토하였으며 폭발이 인체와 방호벽 구조물에 미치는 안전성에 대해서도 검토하였다.

감사의 글 : 이 연구는 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(20215810100020, 수소충전소 화재폭발시 피해저감 방호벽 설계 기술 및 안전기준 개발)

액화수소충전소 폭발사고 피해 예측 방법론 연구

강형석, 김상민, 최근상, 김대희, 김종태
한국원자력연구원 지능형사고대응연구부

Research of an Analysis Method for Simulating Explosion Accidents in a Liquid Hydrogen Refueling Station

Hyung-Seok Kang, Sang-Min Kim, Keun-Sang Choi, Dehee Kim,
Jongtae Kim

*Intelligent Accident Mitigation Research Division, Korea Atomic Energy
Research Institute*

요 약

수소에너지의 안정적인 공급과 사용을 위해서 수소충전 인프라 안전관리핵심 기술 개발 연구가 산업통상자원부의 후원과 한국가스안전공사의 주도로 착수되었다. 그 일환으로 액화수소충전소에 방호벽을 설치하여 화재폭발 사고가 발생하더라도 대중에게 미치는 피해를 최소화할 수 있는 설계기술 및 안전기준 개발이 진행 중에 있다. 본 연구는 액화수소충전소에서 발생할 수 있는 최악의 사고시나리오를 개발하고, 그 시나리오를 모의하는 다차원 전산해석코드를 오픈 소스인 OpenFOAM으로 개발하여 방호벽 설계기술 및 안전기준 개발에 사용하는 것이다. 이를 위해서 한국원자력연구원에서는 최악의 사고시나리오를 액화수소 저장탱크와 관련된 국내외 사고사례와 연구결과를 바탕으로 결정론적 방법에 근거하여 선정하였다. 그 시나리오는 액화수소가 저장탱크의 파손으로 지표면으로 누출된 후 Pool을 형성하고 열전달에 의해서 비등이 발생하여 기체수소로 변환되어 대기 중으로 확산된 후 증기운을 형성한 다음, 점화가 발생하여 수소화염이 대기에서 Pool로 전파되면서 순간적으로 폭발이 발생하는 것이다. 그리고 이와 같은 폭발사고 시나리오를 모의하기 위해서 현재 활용 가능한 OpenFOAM 해석모듈을 조사한 후 예비 해석방법론을 확립하고, 추가로 필요한 기능들을 설계하였다. 또한 그 해석모듈 중의 하나인 kXiFoam을 사용하여 미국 Stanford Research Institute에서 수행한 수소폭발 시 방호벽 차단효과 실험에 대해서 검증한 후, 방호벽 높이 2m, 3m, 4m에 따른 폭발압력 차단효과에 대한 민감도 해석을 수행하였다. 그 해석결과에 의하면 방호벽이 높을수록 수소폭발에 의해서 발생된 압력파가 효과적으로 차단되는 것으로 나타났다.

본 연구는 한국에너지기술평가원의 연구비 지원으로 수행되었습니다(과제번호: 20215810100020).

머신러닝을 이용한 액화 수소 폭발 압력 예측 방법에 관한 연구

황지원, 박슬비, 이용준, 민현석
(주)다한테크

Research on Predicting Liquid-Hydrogen Explosion Pressure Using Machine Learning

Jiwon Hwang, Seulbi Park, Yongjun Lee, Hyunseok Min
Dahan Tech, Inc.

요 약

머신러닝 학습을 위해서 일반적으로 방대한 양의 데이터가 필요하다. 하지만 가스폭발 관련 데이터는 국내외 모두 확보된 데이터가 많지 않고 실험도 쉽지 않아 데이터의 확보에 어려움을 겪고 있는 연구 분야이다. 그래서 실험데이터 외에도 폭발의 분석 및 예측을 위해 기존 실험데이터의 곡선적합 (curve-fitting) 또는 Conwep모델의 이용에 한계가 있으므로 대부분 OpenFOAM과 같은 툴을 이용한 해석을 통해 폭발 추이를 예측한다. 하지만 이런 해석적 모델도 모든 경우에 대해 적용하기란 어렵기 때문에 이를 해결하기 위해 머신러닝을 이용하여 폭발 압력 예측 방법에 관한 연구를 진행하였다. 본 논문에서는 가스 폭발시의 압력 데이터를 수치 해석을 통해 방호벽 (Barrier) 의 높이별로 (2, 3, 4m) 구한 값을 이용해 다른 높이에 대한 압력 데이터도 구하기 위해 머신러닝을 이용하는 방법을 설명한다. 1차적으로 Wolfram Mathematica를 이용하여 Regression방법으로 예측모델을 도출하고, 이를 기반으로 머신러닝 라이브러리인 Tensorflow를 사용하여 은닉층 (Hidden Layer)의 수와 활성화함수 (Activation Function)를 바꾸어가며 테스트 하여 가장 성능이 좋은 구성을 찾아내었다. 데이터는 원자력 연구소에서 액화수소가스 폭발압력을 OpenFOAM을 이용하여 계산한 결과를 사용하였다.

본 연구는 수소충전소 화재폭발시 피해저감 방호벽 설계 기술 및 안전기준 개발 (과제번호 : 2021581010020) 연구비 지원으로 수행되었습니다.

수소충전소 방호벽 설계를 위한 액화수소 화재폭발 시험 사고 시나리오 개발

한용식, 김명배, 듀이, 유화룡, 김태훈, 도규형, 최병일
한국기계연구원

Development of accident scenario of liquid hydrogen fire and explosion test for the design of barriers at hydrogen refueling stations

Yong Shik Han, Myung Bae Kim, Le Duy Neuyen, Hwalong You, Taehoon
Kim, Kyu Hyung Do, Byung Il Choi
Korea Institute of Machinery and Materials

요 약

국내외적으로 수소경제 활성화와 연계한 수소 충전소의 구축이 빠르게 진행되면서 충전소의 안전성 확보가 수소충전소 건설 확대에 핵심적인 사항이 되고 있다. 현재 대부분의 수소 충전소는 초고압의 기체 수소를 사용하여 자동차에 충전하고 있지만 기술의 발전과 더불어 유럽과 미국 등지에서는 수송과 운영에 있어 경제성을 확보하고 있는 액화 수소를 수소충전소에 사용하고자 하는 연구들이 많이 수행되고 있다. 액화수소의 사용 활성화를 위해서는 수소충전소의 안전설비인 방호벽 설계에 액화수소의 화재폭발에 의해 유발된 영향을 확인하고 그 결과를 설계에 적용하는 매우 중요하다. 본 연구는 수소충전소 방호벽 설계에 적용하기 위한 액화수소의 화재폭발 사고를 모사하는 실험을 수행하고자 한다. 화재폭발 실험의 수행을 위해서는 액화수소 충전소에서 발생할 수 있는 사고형태들을 분석한 후 적용 가능한 사고 시나리오를 개발하고 사고 시나리오에 따른 실험장치의 설계 및 제작을 통해 액화수소 화재폭발 시험을 수행하여야 한다. 화재폭발 시나리오에는 액화 수소의 연속 누출 시나리오와 순간 누출 시나리오가 수행될 예정이다. 연속 누출 사고 시나리오의 경우 1“ 개구부 면적에 60 L/min의 분출 유량을 가진다. 순간 누출 사고 시나리오의 경우 10” 파열판(rupture disc)을 대상으로 하고 있으며, 실험에는 100L 용기에 5kg의 액화수소를 사용하고자 한다. 점화는 연속 점화 또는 지연 점화 방법을 적용할 예정이다.

본 연구는 산업통상자원부/한국에너지기술평가원의 수소충전 인프라 안전관리 핵심 기술개발 사업(과제번호 : 20215810100020) 연구비 지원으로 수행되었습니다.

TNT 당량법을 활용한 콘크리트 방호벽에 작용하는 수소가스 폭발해석 기초연구

김승원, 올리 토펜드라, 장태진, 박철우*
강원대학교 건설융합학부 토목공학전공

Fundamental Study of Explosion Simulation of Hydrogen Gas on Concrete Blast Wall using TNT Equivalent Method

Seungwon Kim, Topendra Oli, Taejin Jang, Cheolwoo Park
Department of Civil Engineering, Kangwon National University, Samcheok
25913, Korea

요 약

최근 수소경제 활성화를 위하여 수소생산기지, 수소충전소 등 관련 시설 구축이 속도감 있게 진행되고 있으나, 수소산업 관련 안전사고 발생으로 국민 불안감은 가중되고 있다. 2019년 5월 강릉 수소탱크 폭발사고와 같은 해 6월 노르웨이 수소충전소 화재 등 국내외 수소 안전사고에 따른 국민들의 수소에너지와 설비의 안전성에 대한 우려가 발생하였으며, 이러한 국민 안전성 우려를 불식하는 대책이 필요한 실정이다. 현행 KGS FP217(저장식 수소자동차 충전의 시설·기술·검사 기준)에는 철근콘크리트 방호벽의 두께 120mm 이상, 높이 2,000mm 이상으로 규정되어 있다. 이러한 철근콘크리트 방호벽이 수소충전소에 설치되고, 액화천연가스보다 폭발력이 10배 이상 큰 수소에너지가 폭발할 경우, 120mm 수준의 철근콘크리트 방호벽이 취성과파괴로 인해 오히려 더 큰 피해를 초래할 수 있다. 따라서 수소충전소 화재폭발시 피해저감을 위한 방호벽 설계 기술 및 안전기술 개발 연구의 일환으로, 철근콘크리트 방호벽 수소가스 폭발에 의한 하중이 작용할 때 철근콘크리트 방호벽의 안전성을 확보할 수 있는 철근콘크리트 방호벽의 두께, 높이 및 지주 간격 등에 대한 폭발해석을 기반으로 한 기초연구를 수행하였다.

이 연구에서는 ANSYS LS-DYNA 폭발해석 프로그램을 활용하여, 두께 200mm, 높이 2,000mm, 길이 10,000mm의 콘크리트 방호벽을 모델링 하였으며, 수소가스 용량 125m³ 용기의 채움정도를 4~75%까지로 설정하여 다양한 변수해석을 수행하였다. 폭발해석 결과, 콘크리트 방호벽의 심각한 파괴가 발생하였다. 콘크리트 방호벽 중앙부에서의 소성변위는 45mm 이상(지점 회전각 약 4.6°) 발생하였으며, 이는 취성적 단점을 갖고 있는 콘크리트 방호벽의 심각한 피해와 더불어 콘크리트 파편으로 인한 2차 피해까지 발생할 수 있는 수준이다. 수소가스 폭발과 TNT 폭발은 다소 상이할 수는 있지만, 수소가스 폭발이 콘크리트 방호벽에 미치는 영향은 큰 것으로 확인되었다. 방호벽의 두께, 높이 및 지주보강 등을 통해 구조물의 안전성 증대가 가능할 것으로 판단되며, 이에 대한 설계기준 제시를 위한 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

감사의글

이 논문은 한국에너지기술평가원의 에너지기술개발사업 「수소충전소 화재폭발시 피해저감 방호벽 설계 기술 및 안전기술 개발(과제번호: 20215810100020)」의 연구지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

D발표장

D-1	· 주제: 특별세션4. 도시가스 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00~17:00
D-2	· 주제: 특별세션9. 도시가스 · 일시: 2022년 5월 27일(금), 09:00~11:40

매몰형 밸브 흠관 내부 지하수 유입영향 분석을 통한 개선 방안 연구

김태강, 최영상, 손현익

(주)경동도시가스

A Study on the Improvement of Groundwater Inflow into the Hume Pipe of Buried Valve

Tae-Gang Kim, Young-Sang Choi, Hyun-Ik Son

KyungDong City Gas, Korea

요 약

도시가스 공급시설 중 밸브는 배관과 동일한 역할을 수행하면서 유체의 흐름을 제어하기 위한 장치로서 노선, 블록, 분기, 인입 밸브로 구분할 수 있다. 이러한 밸브를 지하에 매설하고 필요시 개폐 및 안전점검 등을 위해 콘크리트 흠관과 같은 구조물과 철개 등을 함께 설치하여 운영하고 있다.

하지만 일부 지역에서는 매몰형 밸브가 지하에 매설되어 있어서 지하수와 지표수가 밸브 흠관내부로 유입되어 물이 고이게 되고 상습적으로 침수되는 현상이 발생하기도 한다. 이러한 현상은 가스사고 등의 긴급 상황에 신속한 밸브 차단에 어려움이 있고 부식 등으로 건전성을 저해하고 작동 성능의 저하가 예상된다. 그리고, 지표로부터의 물 유입시에는 먼지, 흙 등이 동시에 유입되어 맨홀 내부에 불투수 진흙 퇴적층이 형성되어 물이 맨홀 외부로 흘러나갈 수 없는 경우도 발생한다.

상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 본 연구과제에서는 지하수 유입에 대한 기본적인 데이터를 분석하였다. 즉 밸브 흠관 내부로 유입되는 지표수, 지하수의 침투 경로를 파악하고, 울산 관내의 지하 수심, 지질특성 등의 조사를 진행하였다.

아울러 울산 관내 상습침수 도시가스 밸브 196개소를 파악하여 밸브 흠관 내부의 불투수 진흙 퇴적층을 제거하는 방법과 밸브 흠관 내부로 물의 유입을 방지하는 공법에 대하여 검토 및 최적 방안에 대해서 현장 라인에 적용하였다. 이를 통해서 매몰형 밸브의 흠관 내부로 지하수 유입에 따른 문제점에 대해서 효율적인 해결 방안을 제시할 수 있게 되었다.

Key worlds : City Gas, Buried Valve, Hume Pipe, Groundwater Inflow

(도심지에 지구정압기를 설치하는 것과 동등한 효과가 있도록)
지구정압기 바이패스라인의 전동식 유량조절밸브 자동화구축 방안

이재화

(주)부산도시가스

~ project

Jae Hwa, Lee

Korea City Gas Association

요 약

지속적인 도시가스 사용량 증가와 동절기 이상기온의 영향으로 도심지의 가스압력 미달이 발생하고 있는데 이에 대한 주요 원인 중 하나로 도시가스 수급지점 및 지구정압기의 위치가 도심지 외곽지역에 있어 거리에 의한 압력손실이 크게 발생하고 있다. 이에 따라 도심지에 지구정압기 설치를 검토하였으나 민원 및 투자비 과다 등으로 사업부지 확보가 불가능한 실정이었기에 대안으로 지구정압기 바이패스라인에 설치되어 있는 전동식 Ball Valve(개폐용)를 전동식 Glove Valve(유량조절용)로 교체한 후 전동식 Glove Valve가 도심지에 있는 지역정압기 1차 압력전송기로부터 제어 신호를 받아 자동화 운전을 하게 함으로써 도심지에 지구정압기를 신규 설치하는 것과 동등한 효과를 내고자 한다.

안정적인 도시가스 공급을 위한 멀티통신컨버터 개발

강기수, 이도원, 이동선*

미래엔서해에너지, *제네럴지앤씨테크놀로지스

Development and application of Multi-converter for stable supply of City Gas

Ki Soo, Kang, Do Won, Lee, Dong Seon, Lee*

*Mirae'N SeohaeEnergy, *GNC Technologies*

요 약

일반 수요처에 안정적으로 도시가스를 제공하기 위해서는 공급압력을 감압 및 정압하기 위한 정압설비가 필요하다. 지역정압기는 공급품질을 균일화하고 안전사고를 예방하기 위하여 원격감시설비가 설치되어 있으며, 도시가스사 상황실에서는 공급압력, 차단밸브, 통신 및 정전 이벤트를 24시간 모니터링 진행하고 있다. IoT 및 XR¹⁾ 등 최신기술 적용하여 고도화된 도시가스 공급시스템 구축을 목표로 노력하고 있으나, 설비이상 등의 이벤트 발생시 결국은 현장인력을 투입하여 조치해야 하는 실정이다. 이에 당사는 가장 잦은 설비이상을 일으키는 통신장비 중 기존 컨버터를 대체하여 멀티통신컨버터를 개발하였으며 보급 및 활용하고 있다. 멀티통신컨버터는 통신환경(3G, LTE)에 따른 호환성을 향상하였으며, 지역정압기별 고유 통신 address 및 port 설정을 현장에서 가능토록 설계하여 신속한 현장대응이 가능하도록 개선하였다. 위 발명은 중대재해처벌법 등으로 산업안전 관련 중요성이 강화되는 경향에 비추어 불필요한 현장출동을 감소시키며, 비효율적인 현장대응 시스템이 개선됨으로 근로자의 안전을 확보하고, 관련 비용을 감소하는 역할을 할 것으로 기대된다.

Abstract - In order to stably supply the city gas, regulating facilities are necessary to control provided gas pressure. The city gas local pressure regulator monitors supply pressure, shut-off valve, communication, and blackout events 24hours a day. Although efforts are being made to build an advanced city gas supply system by applying the latest technologies such as IoT and XR, in the event of a malfunction of the facility, in the end, field personnel must be put in to take action. The multi-converter has improved compatibility according to the communication environment and has been improved to enable rapid on-site response. In addition, it is expected to play a role in securing the safety of workers and reducing related costs by improving the inefficient on-site response system at a time when the importance of occupational safety is emphasized.

Keywords: Regulator, Multi-Converter, Failure facility, Health and Safety, Efficiency

1) XR, VR(virtual reality) & AR(augmented reality) 가상현실 & 증강현실

안전문화 향상 및 사고 예방을 위한 안전문화 측정시스템 구축

전흥희

(주)해양에너지

Establishment of safety culture measurement system to improve safety culture and prevent accidents

Hong Hee, Jeon

Haeyang Energy Co., Ltd.

요 약

우리나라는 국내총생산(GDP) 세계 12위의 경제 대국으로 선진국 반열에 올라와 있으나, 산재사고 사망률은 여전히 OECD 국가 중 최상위이다. 최근 선진 사례들과 학문적 연구 결과들을 종합해보았을 때, 사고 예방에 가장 효과적인 성숙한 안전문화 조성을 통해 근로자의 안전행동을 향상하고 불안전 행동을 감소하는 것이 필요하다.

이에 사업장 내에 안전문화를 개선하기 위해 안전 풍토 조성을 위한 측정 도구 및 실행 모델 개발을 위한 ‘화학산업 안전 풍토 조성방안 연구’에 시범사업장으로 참여하고, 연구 참여자인 A연구소와 함께 회사의 안전문화 측정 시스템을 개발하고, 안전문화 설문조사와 면담을 통해 개선과제를 도출하고 안전문화를 지속적으로 개선해 나가도록 하였다.

Abstract - Korea has the 12th largest economy in the world by gross domestic product (GDP) and ranks among the advanced countries, but the death rate from industrial accidents is still the highest among OECD countries. Considering recent advanced cases and academic research results, it is necessary to improve safety behavior of workers and reduce unsafe behavior by creating a mature safety culture that is most effective in preventing accidents.

Accordingly, in order to improve the safety culture within the workplace, we participated in the ‘research on measures to create a safe climate for the chemical industry’ as a pilot site to develop measurement tools and implementation models to create a safe climate, and the company’s safety culture estimating system together with research institute ‘A’, a research participant. was developed, and improvement tasks were derived through safety culture surveys and interviews, and the safety culture was continuously improved.

Keywords: safety behavior, safety culture, safety culture level measurement system

(전기방식 관리 고도화)

CNCITY에너지

요 약(Abstract)

국내 도시가스 매설배관의 사용연수가 장기화됨에 따라 배관 건전성의 주요 요소인 전기방식 관리의 중요성이 대두되고 있다. 이러한 상황에서 효율적이고 체계적인 전기방식 관리를 위하여 전기방식 GIS 기반 시각화 구현, 이상구간 노출, 방식 시설의 이력조회, SCADA & 원격전위 시설 연계 기능을 개발하였다. Mapping System 기반 전기방식 관리의 고도화로 장기사용배관의 건전성을 확보하고, 나아가 축적된 Data를 통하여 사후보존관리에서 벗어나 예방관리로의 전환의 기틀을 마련하고자 한다.

Keywords: 매설배관 전기방식, Mapping System

CNG 충전기 고장진단 운전제어시스템 개발

손갑룡, 손창민, 손현익

(주)경동도시가스

Development of Operation Control System for Failure Diagnosis of CNG Station

Gap-Yong Son, Chang-Min Son, Hyun-Ik Son

KyungDong City Gas, Korea

요 약

대기오염 저감을 위해 2001년부터 보급되기 시작한 CNG(Compressed Natural Gas, 압축천연가스) 시내버스는 현재 전국에 약 3만여대가 운행되고 있으며, CNG 시내버스에 연료를 공급하는 CNG 충전소는 전국에 199개소가 운영되고 있다.

CNG 충전소에는 시내버스에 고압(20MPa)으로 충전하기 위한 충전기가 설치되어 있으며, 이러한 충전기는 운영한 지 10년에서 20년이 경과되어 설비 노후화로 인한 고장이 빈번하게 발생하고 있다. 또한, 고장 시에는 부품단종 등으로 수리 일정이 지연되어 충전중단으로 인한 시내버스 운행에 차질이 발생할 우려가 있다. 아울러, 고압(20MPa)의 압축천연가스를 취급하는 CNG 충전기는 철저한 안전관리와 충전원의 인적 오류를 사전에 예방하기 위한 시스템적 안전확보가 요구된다.

따라서 본 연구에서는 기존 CNG 충전기의 문제점을 해결하고 선제적 안전을 확보하기 위해 선진기술 적용과 안전성 확보에 주력하였다. 또한 인적 오류 예방을 위해 충전 프로세스 음성안내, 고장 시 고장 알람 안내 등의 기술을 적용한 CNG 충전기 고장진단 운전제어시스템 개발을 제시하였다.

본 연구를 통해 개발한 충전기 운전제어시스템을 현장에 적용한 결과 고장 시 자가 고장진단이 가능하여 신속한 복구로 충전중단이 감소하였고, 충전 프로세스 음성안내 등의 신기술 적용으로 인적 오류를 예방할 수 있게 되어 선제적 안전확보가 가능한 것으로 분석되었다.

Key words : City Gas, CNG Station, Failure Diagnosis, Operation Control System

가스 AMI 보급확대에 따른 계량기 구조 및 성능 안전성 향상 방안 연구

이형민, 김민기, 최은일

JB주식회사

A Study on the Improvement of Safety of Measuring Instrument Structure and Performance by Expansion of Gas AMI

Min Gi, Kim, Eun Il, Choi

Formally known as Jungbu citygas, JB Corp

요 약

현재 정부 주관으로 가스 AMI 계량기의 실증작업과 더불어 일부 도시가스사에서는 자체적으로 가스 AMI 계량기 실증작업을 한창 진행하고 있다. AMI 계량기를 통해 원격검침, 사용자의 가스 안전 확보 등 여러 긍정적 요소가 있지만 이에 반해 배터리 방전, 비싼 가격, 원격 검침 데이터의 신뢰성 저하 등 여러 문제점들 또한 내포하고 있다. 여러 문제점 중 본 연구에서는 가스 AMI 계량기의 구조적 안전문제로 인한 가스 누설로 인해 화재, 폭발 등 중대재해 발생 위험의 가능성을 내포하고 있는 가스 AMI 계량기의 현주소와 구조적 변경을 통해 가스 AMI 계량기의 안전한 정착을 위한 구조적 개선사항을 다각적으로 모색해 보았다.

Abstract - Currently, some urban gas companies are conducting their own gas AMI meters verification work, along with the gas AMI meters verification work under the supervision of the government. There are many positive factors such as remote meter reading and ensuring user gas safety through AMI meter, but on the other hand, there are also many problems such as battery discharge, expensive price, and decreased reliability of remote meter reading data. Among the various problems, this study sought various structural improvements for safe settlement of gas AMI meters through the current state and structural changes of gas AMI meters, which pose a risk of serious disasters such as fire and explosion due to structural safety problems.

Keywords: AMI(Advanced Metering Infrastructure), structural improvements

천연가스 인프라를 활용한 수소 공급방안 현황과 시사점 연구

방유진, 이수진, 정희용
한국도시가스협회

A Study on the Current Status and Implications of Hydrogen Supply Plans Using Natural Gas Infrastructure

Yujin Bang, Soo-Jin Lee, Hee-Yung Chung,
Korea City Gas Association

요 약

세계 각국은 탄소중립을 향한 다양한 정책을 추진 중에 있다. 수소는 탄소중립을 앞당기는 대안으로 부상하고 있으며, 대량의 수소를 가장 비용·효율적으로 공급할 수 있는 길은 배관에 의한 공급 방안이다. EU 등 가스산업 선진국은 기존 천연가스 인프라에 수소를 혼입하거나, 수소 전용 배관으로 수소를 대량 공급하는 방안을 추진 중에 있다. EU의 「2040 Hydrogen back bone」이 대표적인 예이며, 영국의 리즈 시티는 도시 전체를 수소로 공급하는 세계 최초의 수소도시 프로젝트를 진행 중에 있다.

한편, 우리나라는 5천km의 전국배관망(NTS)를 갖고 있다. 또한, 5만km의 지역배관망과 2천만 고객을 확보하고 있다, 따라서 이 논문은 천연가스 인프라를 활용한 수소공급 프로젝트를 연구하여 우리나라에 접목할 수 있는 방안 등 시사점을 찾아보고자 한다.

Abstract - Countries around the world are pursuing various policies towards carbon neutrality. Hydrogen is emerging as an alternative to advancing carbon neutrality, and the most cost-effective way to supply a large amount of hydrogen is through piping. Developed countries in the gas industry such as EU, are promoting measures to mix hydrogen into existing natural gas infrastructure or to supply hydrogen in large quantities through hydrogen-only pipelines. The EU's 「2040 Hydrogen back bone」 is a representative example, and Leeds City, England, is in the process of the world's first hydrogen city project to supply the entire city with hydrogen.

Korea has a 5,000km national pipeline network (NTS). In addition, it has a local pipeline network of 50,000km and has 20 million customers. Therefore, this thesis aims to study the hydrogen supply project using natural gas infrastructure and to find implications such as ways to apply it to Korea.

Keywords: carbon neutrality, hydrogen, natural gas infrastructure, hydrogen mixing, etc.

도시가스 분배 부문 메탄 탈루 배출계수 개발 방법론 연구

민병무*, 박영구*, 김보식**, 김범수**

*(주)에너토피아, **한국도시가스협회

Methodology Study of Methane Fugitive Emission Factor Development in City Gas Distribution Sector

Byoung-moo Min*, Young Gu Park*, Bo Sik Kim**, Bum Soo Kim**

**Enertopia, Co.Ltd., **Korea City Gas Association*

요 약

1992년 온난화로 인한 지구 기후변화에 대응하기 위한 범 지구적 수준의 국제협약 체계인 기후변화협약(UNFCCC)이 채택된 이래 1997년 이행 수단인 교토의정서 채택을 통한 선진국 중심의 온실가스 감축 노력이 추진되었으나, 보다 효과적이며 분명한 감축목표 달성을 위한 파리협정이 2015년 채택되었다. 특히 2021년 국제메탄서약(Global Methane Pledge)의 합의를 통하여 2030년까지 2020년대비 메탄 배출량을 30%감축을 목표로 제시하고 있으며, 우리나라도 이에 동참을 선언하고 NDC의 메탄 감축 목표를 상향 조정한 바 있다. 일반적으로 온실가스 배출량은 활동량과 배출계수로부터 산정되는데, 이 경우 적용 배출계수에 따라 산정 배출량 차이가 존재하고 있다. 현재 도시가스 분배 부문에서의 메탄 탈루 배출량은 IPCC제공 배출계수(Tier 1)의 적용으로 국내 분배부문 특성이 고려되지 않은 세계 평균값으로 산정되고 있어 국내 분배 시스템의 특성이 고려된 국가 배출계수(Tier 2)의 개발이 시급한 실정이다. 이에 본 연구에서는 국내 도시가스 분배 부문의 메탄 탈루 배출 특성을 분석하고, 이들 특성이 고려된 탈루 배출계수 개발 방법론을 작성 제시하였다.

Abstract - Since the UNFCCC, was adopted in 1992, and efforts to reduce greenhouse gas emissions in developed countries have been promoted through the adoption of the Kyoto Protocol as a means of implementation at 1997. However, the Paris Agreement was adopted in 2015, to achieve more effective and clear reduction targets. In particular, the Global Methane Pledge was agreed in 2021, the goal is to reduce methane emissions by 30% compared to the 2020 level by 2030. In this study, the characteristics of methane fugitive emission in the domestic city gas distribution sector were analyzed, and a methodology for developing fugitive emission factors taking these characteristics into account was prepared and presented.

Keywords: Methane, Fugitive Emission, Emission Factor, City gas, Gas distribution

도시가스 비대면 자율 안전점검에 대한 방안

오진택 , 김도균
모바일엔트로피(주)

Contactless Self Safety Inspection Solution of City Gas

Oh Jin Taek , Kim Do Koon
Mobile Entropy Co., Ltd.

요 약

도시가스 안전점검률이 날이 갈수록 감소 추세에 있는데, 이는 2020년 1월부터 전세계적으로 유행한 코로나19 바이러스로 인한 방문 안전점검 거부 및 부재 중 세대의 증가, 그리고 안전점검원의 부족으로 인한 미검침 세대의 발생 등 다양한 원인의 결과이다. 1년에 2번 의무적으로 수행해야 하는 도시가스 안전점검과 관련하여 비대면 서비스를 원하는 사회적 요구를 충족시키고 현실적인 안전점검률을 높이는 방안으로 비대면 자율 안전점검 서비스를 추진하게 되었다. 인터랙티브 세이프티 서비스(Interactive Safety Service)는 도시가스 사용자가 알림톡을 수신하여 자율 안전점검을 진행하는 과정을 안내받아 직접 수행하고 수행한 결과를 도시가스 안전담당자가 확인하여 적합, 부적합 여부를 판단하는 비대면 자율 안전점검 서비스이다. 도시가스 사용자용 안전점검표를 기반으로 작성된 배관 및 기타, 계량기, 보일러, 연소기 점검항목을 사용자에게 알림톡으로 발송하고 사용자가 각 점검 부위를 촬영하여 사진 업로드 및 항목을 체크하여 점검을 완료하게 되면, 도시가스 안전담당자가 사용자 안전점검 결과를 확인하고 적합이나 부적합 결과를 확정된 후에, 점검 결과가 적합일 경우 방문 안전점검이 진행되지 않고 부적합일 경우에만 방문 안전점검을 진행하는 방식으로 인터랙티브 세이프티 서비스는 구성되어 있다. 인터랙티브 세이프티 서비스를 통한 비대면 자율 안전점검을 진행할 시 도시가스사는 안전점검률 증가와 함께 비용 절감 및 안전점검원들의 과중한 업무의 경감을 기대해 볼 수 있다.

Abstract - The City Gas safety inspection rate decrement is result of the various reasons which are refusal to visit safety inspection due to the COVID-19 virus, an increase of households absentees and a lack of safety inspectors. Regarding City Gas safety inspections, which are mandatory twice a year, contactless self safety inspection services are promoted to meet the social demands of contactless services and increase the realistic safety inspection rate. Interactive Safety Service is a contactless self safety inspection service in which city gas users receive Kakaotalk messages and conduct self safety inspections, and the results are checked by city gas safety officers and determined to be suitable or unsuitable. Through Interactive Safety Service City Gas companies can expect to increase the safety inspection rate, reduce costs, and reduce the heavy work of safety inspectors.

Keywords: Interactive Safety Service, Self Safety Inspection Contactless, Gas Safety

해외 사례를 통한 수소혼입이 가스시설에 미치는 영향 연구

허두강, 허정, 김동영
한국도시가스협회

Through overseas cases A study on the effect of hydrogen mixing on gas facilities

Doo Kang, Her, Jung, Hur, Dong Young, Kim
Korea City Gas Association

요 약

수소는 탄소중립 달성을 위한 핵심수단으로서, IRENA에서는 2050년 수소가 세계 에너지의 12%를 차지할 것으로 전망하고 있다. 이에 수소 생산, 운송, 활용 등 수소생태계 조성을 위한 다양한 프로젝트가 세계 각국에서 추진 중에 있다.

단, 중기적으로 활용가능한 옵션으로 천연가스에 일정비율의 수소를 혼입하는 수소 혼입방안으로서, EU, 미국등에서는 수소혼입이 가스배관 및 가스기기에 미치는 영향을 분석을 위한 많은 연구가 진행중이다. 우리나라도 제1차 수소경제 이행 기본계획(‘21.11)에 수소인프라 구축의 일환으로 수소혼입실증방안이 포함되어 있고, 내년부터 도시가스 혼입실증 정부과제가 추진될 것이다.

이에 해외의 선행 연구를 통해 수소혼입에 따른 가스기기에 미치는 영향을 연구하여 우리나라 수소혼입 실증과제 추진에 도움을 주고자 한다.

Abstract - Hydrogen is a key means to achieve carbon neutrality, and IRENA predicts that hydrogen will account for 12% of the world's energy in 2050. Accordingly, various projects to create a hydrogen ecosystem, such as hydrogen production, transportation, and utilization, are being promoted in countries around the world.

As an option that can be used in the midterm, it is a hydrogen mixing method that mixes a certain percentage of hydrogen into natural gas. Many studies are under proceeding to analyze the impact.

Also in Korea, the hydrogen mixing verification plan is included in the 1st Hydrogen Economy Implementation Basic Plan (‘21.11) as a part of the hydrogen infrastructure construction, and the government project for city gas mixing verification will be promoted from next year.

Therefore, by studying the effect of hydrogen mixing on natural gas equipment through previous overseas studies, it is intended to help promote the hydrogen mixing demonstration project in Korea.

Keywords: Hydrogen, Natural gas-Hydrogen mixing, Carbon neutral

도시가스 중간압(40kPa) 공급방식에 대한 고찰

최승환, 김성우

(주) 예스코

Consideration of City Gas Medium Pressure(40kPa) Supply Method

Seung Hwan, Choi · Sung Woo, Kim

Yesco Co., Ltd.

요 약

도시가스 공급압력은 도시가스사업법 시행규칙 제2조(정의)에 명시된 압력 범위 내에서 수요가에게 공급되고 있으며, 도시가스사는 효율적이고 안정적인 가스공급을 위하여 수요가의 가스 사용용도, 연소기 현황 등을 고려하여 적절한 공급압력을 선정하여 가스를 공급하고 있다.

도시가스사업 초창기는 도시가스공급 확대가 중요시 되었으며 저압(2.3kPa) 공급 방식으로 공급이 어려운 지역(빌딩 밀집지역, 중앙난방 아파트 지역 등)에 대하여 중간압(40kPa) 공급방식으로 가스를 공급함으로써 보다 효율적인 가스공급이 가능하였으며, 이는 현재까지 계속적으로 이루어지고 있다.

그러나, 도시가스공급이 정체되고 있는 현재는 에너지정책이 변화되고 있으며 수요가의 시설 및 용도 변경 등으로 중간압 수요처가 줄어들고, 반면 안전관리의 중요성이 점차 높아져가고 있어 공급확대 측면이 아닌 안전관리 측면에서 중간압 공급방식에 대한 재검토가 이루어져야 할 것이다.

중간압은 저압 대비 약 20배의 높은 압력으로 가스배관의 파손 및 공급설비 이상 등으로 가스누출 시 상대적으로 위험도가 높고 신속한 초동조치가 불가하여 가스공급중단 범위의 확대 등 피해가 확대될 수 있다.

이에, 중간압(40kPa) 공급지역에 대한 수요가 현황 등을 재검토하여 보다 안전한 압력으로 전환할 수 있도록 고민하여야 할 것이며, 점진적으로 저압(2.3kPa) 공급방식에서의 전환이 필요할 것이다.

□예스코 권역 공급압력 전환 시행 : 서울시 용산구 한남동 1-44번지 일대 저압 전환공사(171세대)

Abstract - The city gas supply pressure is supplied to consumers within the pressure range stipulated in Article 2 (definition) of the City Gas Business Law Enforcement Regulations, In order to supply gas efficiently and stably,

City Gas CO. supplies gas by selecting an appropriate supply pressure in consideration of the gas usage of consumers and the current state of combustors.

In the early stages of the city gas business, the expansion of city gas supply is emphasized. For areas where it is difficult to supply with a low pressure (2.3kPa) supply method (dense building areas, central heating apartment areas, etc.), By supplying gas of the medium pressure (40kPa) supply method, more efficient gas supply is possible, and this has been continued until now.

However, now that the city gas supply is stagnant, the energy policy is changing, and the demand for medium pressure is decreasing due to changes in the facilities and uses of consumers, the importance of safety management is gradually increasing, and the medium pressure supply method should be reviewed not in terms of supply expansion but in terms of safety management.

The medium pressure is about 20 times higher than the low pressure, and when gas leaks due to damage to the gas piping or abnormal supply equipment, the risk is relatively high, prompt initial action is not possible, the damage may spread like the range of gas supply interruption is expanded.

Therefore, it is necessary to review the current situation of demand for medium pressure (40kPa) supply areas and consider about switching to safer pressure. As a result, It will be necessary to gradually switch to a low pressure (2.3kPa) supply method.

☐Implementation of supply pressure conversion in the Yesco area :
Low-pressure conversion work around 1-44 Hannam-dong, Seoul (171 households)

건축물 철거공사 관리체계 및 인입배관 재사용 효율화 방안

이지훈

(주)부산도시가스

요 약

최근 5개년 타공사 사고를 공종별로 분류하면 건축공사 사고가 12건으로 전체 타공사 사고의 26.1%를 차지한다. 해당사고는 건축물 철거를 도시가스 활관상태로 진행하여 발생하는 사고로 공사관계자가 사전에 가스배관 유무를 파악하지 못했기 때문에 발생하는 사고이다. 1장에서는 가스요금 정보와 건축허가 정보를 활용하여 철거공사 징후를 파악하고 미신고 철거공사를 예방하는 방법에 대해 소개하고자 한다.

다음으로 도시가스사는 건축물 철거 이후 신축건물이 지어지면 신규공급을 위해 인입배관을 투자하게 되는데, 기존 배관을 철거하고 같은 위치에 신규배관을 부설하는 것은 경제적으로나 업무효율성 측면에서 손실이 크다. 그렇다고 기존 인입배관을 재사용한다 해도 내관 연결공사의 작업장소는 대부분 측구 아래 협소한 공간이기 때문에 작업 중 SHE 사고 Risk가 높다. 2장에서는 이러한 문제점을 제거하기 위해 개발된 플러깅 장비와 인입배관 재사용 Process를 소개하고자 한다.

정압기 EVENT 감소방안 연구

윤강옥, 엄태준, 김기범, 이용우

JB주식회사 (舊 중부도시가스)

Study on the plan to reduce the EVENT of the Gas Regulator

Kang-ok Yun, Tae-jun Eom, Ki-beom Kim, Yong-woo Lee

Formally known as Jungbu citygas, JB Corp

요 약

정압기 EVENT는 각 지역정압기(이하 “정압기”)에 설치된 원격감시장치가 보내는 신호로 당사 Client서버에서 직관적으로 확인할 수 있는 이상경보이다. 이는 정압기 이상발생 시 상황실에서 즉각적으로 출동명령 및 초동조치를 가능토록 하며 정압기 이상원인을 분석할 수 있는 중요한 Data이다. 최근 3년간 정압기 EVENT Data의 추이를 살펴보면 비점검 EVENT Data증가 추세가 뚜렷하다. 비점검 EVENT(실제이상 또는 Noise EVENT)가 증가한다는 것은 첫째로 실제 정압기에 기계적 이상이나 압력 이상 발생이 증가한다는 의미일 수도 있으며, 둘째로 실제 정압기엔 이상이 없지만 원격감시장치에서 발생한 통신오류, Reset오류, 센서오류, 전원오류(순간정전) 등에 의하여 정압기에 이상이 생긴 것처럼 EVENT Data가 형성될 수도 있다. 이 중 본 연구에서는 최근 발생한 비점검 EVENT Data를 분석하여 Noise EVENT인 원격감시장치 오류 중 Critical Noise Event를 확인하고 이를 감소시켜 정압기 EVENT의 신뢰성이 높일 수 있는 방안에 대해 검토하였다.

Abstract - The Gas Regulator EVENT is a signal sent by the Remote Terminal Unit(RTU) installed in each local gas regulator (hereinafter referred to as "regulator"), and is an abnormal alarm that can be intuitively checked in our client server. This is an important data that enables immediate dispatch order and initial action in the situation room when a regulator abnormality occurs, and can analyze the cause of the regulator abnormality. Looking at the trend of EVENT data for regulator over the past three years, there is a clear trend of increasing unchecked EVENT data. The increase in non-checking event (actual abnormality or noise event) may mean that firstly, mechanical or pressure abnormality occurs in the actual regulator, and secondly, there is no abnormality in the actual regulator, but communication error occurred in the RTU, reset. EVENT Data may be formed as if an abnormality occurred in the static voltage due to an error, sensor error, power failure (instantaneous power failure), etc. Among them, this study analyzed the recently generated unchecked EVENT data to identify critical noise events among RTU errors, which are noise events, and reviewed ways to increase the reliability of Regulator EVENTS by reducing them.

Keywords: Regulator, RTU, Unchecked EVENT Data, Noise EVENT

GIS 공간 DATA 연계 기반의 SMART 안전관리

마성우

(주) 예스코

SMART safety management based on GIS spatial data linkage

Sungwoo Ma

Yesco Co., Ltd.

요 약

정부 3.0(政府 3.0, government 3.0)은 정부가 최신 기술을 활용하여 공공 문제를 해결하려는 것을 일컫는다. 이에 활용되는 기술로는 대표적으로 빅 데이터(big data), 클라우드 컴퓨팅(cloud computing), 사회 연결망(social network), GPS와 지리 정보 시스템(GIS) 등이 있으며, 현재 매우 빠르게 확산되고 있다. 이러한 정책의 성공은 결국, DATA의 중요성을 인식하고 활용 하는 것이 핵심이다.

위와 같은 정부의 발전적인 정책 변화로 국가의 최신 공공DATA가 민간에 개방되어 제공되고 있으며, 활성화를 위한 다양한 시도가 진행되고 있다.

이에 지하매설물 관리를 위한 지리 정보 시스템(GIS) DATA와 공공DATA의 연계를 통한 사례를 일부 발표를 통해 활성화 하고자 한다. 국가에서 제공되는 수치지형도 연계 개발을 통해 회사에서 사용하는 GIS 지형 DATA의 정확도 향상과 더불어 가스 시설물의 정확도 향상 사례를 소개 하겠으며, 국가 국토정보기본도 연계 개발을 통한 DATA 융합을 통해 다양한 안전관리 업무 사례를 소개하고, 공간 DATA 기반의 안전관리 업무에 도움이 되고자 한다. 또한, 공간정보 DATA 기반의 미래 공공DATA 활용을 통해 얻을 수 있는 효과 부분도 함께 공유하여 보다 향상된 도시가스 안전관리 업무 발전에 기여 하고자 한다.

Abstract - Government 3.0 refers to the government's attempt to solve public problems using the latest technologies. Representative technologies used for this include big data, cloud computing, social network, GPS, and geographic information system (GIS), and they are currently spreading very rapidly. Ultimately, the key to the success of these policies is to recognize and utilize the importance of data.

As a result of the government's progressive policy change as described above, the nation's latest public data is being opened and provided to the

private sector, and various attempts are being made to revitalize it.

In this regard, we intend to activate some examples of linking GIS data and public data for the management of underground facilities through presentations. We will introduce examples of improving the accuracy of GIS topographic data used by the company as well as improving the accuracy of gas facilities through the development of a digital topographic map provided by the government. introduced, and would like to help with space data-based safety management.

In addition, we intend to contribute to the development of improved city gas safety management work by sharing the effects that can be obtained through the use of future public data based on spatial data.

NG 연소 배기가스 직접 이용 유기랭킨사이클 적용 연구

김동춘

영남에너지서비스(주)

A Study on Application of Organic Rankine Cycle with Direct Heat Exchange from NG Exhaust Gas

Dong-Chun Kim

Yeongnam energy service

요 약

유기랭킨사이클(Organic Rankine Cycle)은 물보다 비점이 낮은 작동유체를 사용함으로써 다양한 열원에 적용 가능하여 태양열, 지열, 바이오매스 등 신재생에너지뿐만 아니라 산업 폐열에 이르기까지 활용 범위가 넓다. 태양열, 지열을 중심으로 시장이 성장하였고 바이오매스에 적용으로 활성화된 시장은 최근 몇 년 사이에 산업 폐열에 활용하는 사례가 급격하게 증가하고 있다.

지금까지 바이오매스, 산업 폐열에 적용된 대부분의 유기랭킨사이클은 배기가스-고온수 혹은 배기가스-열매유 열교환기를 구축하여 함께 운전되고 있다. 배기가스를 이용하는 경우, 부하 변동 및 배기가스 내에 먼지, 유해성분 등으로 직접 이용하기 어려운 실정이었다. 유기랭킨사이클 시장이 활성화되면서 각각의 요소기술들이 발전하였고 별도의 폐열회수 혹은 중간 열교환 장치 없이 직접 열교환 방식의 적용이 연구되고 있다. 에너지 다소비 업종인 시멘트, 철강, 화학, 유리업종의 공장 배기가스 폐열에 직접 열교환 방식이 적용된 연구가 유럽에서 완료되었고, 직접 열교환을 함으로써 열효율 증대, 운영 관리 대상 축소 및 운영비 절감, 설치 공간 축소 등의 효과가 있었다.

우선 타 연료 대비 배기가스 성분에 먼지와 유해성분이 현저히 적은 NG 연소 배기가스를 대상으로 직접 열교환 방식을 적용한 유기랭킨사이클의 적용 가능성을 검토하였다. NG 연소 배기가스를 직접 열교환을 할 경우, 설비의 부하 변동에 따른 대응 운전이 가능 여부를 파악하는 것이 가장 중요했으며, 이론 효율 증가에 대해 검토하였다.

검토 결과를 바탕으로 NG 연소 배기가스 직접 이용 유기랭킨사이클 실증 연구가 기획되었고, 2022년 에너지기술개발사업 과제로 연구 기관을 선정하고 협약과정을 진행하고 있다.

사고결과 분석을 통한 도시가스 폭발사고 피해 예측에 관한 연구

안정식, 김지혜, 유지훈, 김종경, 강수비, 조동현
제이비 주식회사

A Study on the Prediction of Citygas Explosion Damage through the Analysis of Accident Results

An Jungsik, Kim Jihe, Yu Jihoon, Kim Jongkyung, Kang Subi, Cho Donghyun
JB Corporation

요 약

최근 산업계에서 가장 큰 화두는 산업안전보건관리에 대한 영역이다. 도시가스는 인화성 가스로 화재 및 폭발의 위험이 크기 때문에 중대 산업 및 시민 재해를 예방하기 위해 많은 노력이 요구된다. 본 연구에서는 도시가스 안전관리의 일환으로 사고결과 분석을 통해 도시가스 누출에 의한 폭발사고 발생 시 피해 범위 및 정도를 정량적으로 예측하고자 하였다. 그 결과 압력, 기상상황 등 다양한 누출조건에 따라 사고결과값에 차이를 보였다. 본 연구를 통해 도시가스 안전관리업무 수행 시 도시가스 누출에 의한 폭발사고의 시나리오를 마련하여 보다 효과적인 사고예방과 비상조치계획을 마련하는데 활용할 예정이다.

Abstract - Recently, the biggest topic in the industry is the area of industrial safety and health management. Since citygas is flammable gas and has a high risk of fire and explosion, much effort is required to prevent serious industrial and citizenry disasters. As part of urban gas safety management, this study attempted to quantitatively predict the scope and degree of damage in the event of an explosion accident caused by citygas leakage through the analysis of accident results. As a result, there was a difference in the accident result value according to various leakage conditions such as pressure and weather conditions. Through this study, a scenario of explosion due to citygas leakage will be prepared when performing citygas safety management work and used to prepare more effective accident prevention and emergency action plans.

Keywords : citygas, CA, vapor cloud explosion, jet fire, TNO multi-energy method

1. 서 론

도시가스 공급배관에서 화재 및 폭발 사고가 발생할 경우 효과적인 재해예방 및 안전대책 수립을 위해서는 발생 가

능한 시나리오를 통해 정량적 위험성평가를 실시하고 사고피해의 범위를 정확하게 예측하여야 한다. 도시가스는 주성분이 메탄(질량 성분비 96.9 %)으로 구

성된 인화성 가스로 누출 시 화재 및 폭발의 위험이 매우 크기 때문에 재해로 이어질 수 있는 가능성이 매우 높다. 사고의 원인 중 타 공사로 인한 사고빈도는 약 50 %로 사고의 가장 큰 원인이다.[1]

따라서 본 연구에서는 도시가스 공급배관 파손으로 인한 도시가스 화재 및 폭발 사고 발생 시 사고피해를 정확히 예측하기 위해 보다 객관적이고, 발생 가능한 사고 시나리오를 선정하였고, 이를 바탕으로 사고결과 분석방법을 통해 피해범위를 정량적으로 산출하고자 하였다.

2. 사고피해 영향 평가

인화성가스와 같은 위험물질을 취급하는 설비에서 누출이 발생하면 최악의 경우 화재 및 폭발로 이어질 수 있다. 만약 이러한 사고가 발생한다면 주변 사람 및 시설물에 심각한 영향을 미치는 중대 산업사고로 이어질 가능성이 높기 때문에 위험성 평가를 통해 화재 및 폭발과 같은 사고 시의 피해정도 및 피해범위 등을 정량적으로 산정하고 피해최소화 대책을 수립하는 등의 노력을 기울여야 한다. 본 연구에서 사고결과 분석(CA)는 KOSHA Guide에 따라 사고 시나리오를 선정하여 위험 요소를 확인하여 누출모델 및 확산모델을

Phast 프로그램을 이용하여 피해예측을 하였다.[2]

2. 1. 사고 시나리오

지표면에서 1.2 m의 매설심도로 공급 중인 각 압력별 도시가스 공급배관 주위에서 타 굴착공사 중 배관 파손으로 인하여 도시가스 누출이 발생하여 임의의 점화원에 의해 화재 및 폭발이 발생한 상황을 최악의 시나리오와 대안의 시나리오로 구분하여 가정하였다. 사고결과 분석에 이용한 프로그램은 Phast를 이용하였다. 도시가스 공급배관은 Polyethylene으로 피복된 강관이며 공급압력은 실제 공급압력인 저압 5 kPa, 중압 0.8 MPa, 고압은 3 MPa로 배관연장은 3 km로 가정하였다. 다만, 저압의 경우 Phast 프로그램 최소 설정치인 5 kPa로 적용하였다. 기상조건은 KOSHA GUIDE에 따라 대안의 시나리오의 경우 공급지역인 천안시 1개년 평균 기상정보로 가정하였으며 최악의 시나리오의 경우 Table 1의 기상조건으로 가정하였다. 누출지점은 도심지역으로 일반도로에서 굴착폭 1.2 m, 굴착연장 20 m, 굴착심도는 1.5 m로 굴착기로 굴착 중 버킷에 의한 배관파손 후 누출이 발생하여 누출지속시간은 600 s 와 1,200 s로 각각 가정하였다.[3]

Table 1. Assumption data for Breach Scenario

Defined Data	Worst Scenario	Alternative Scenario
Wind Speed(m/s)	1.5	3
Pasquill Stability	F	D
Atmospheric Temperature(degC)	40	12.54
Relative Humidity(%)	50	75.58
Time varying releases(s)	600	1,200
Operating temperature(degC)	20	
Operating Pressure(kPa)	5 / 200 / 3,000	
Release Hole(A)	300 / 300 / 500	

2. 2. 누출원 모델링

누출원 모델링(Source term modeling)은 화재 및 폭발 등에 의한 사고 시의 피해예측에 필요한 자료로서 위험물질이 누출량, 누출시간, 누출상태 등을 예측하는 방법이다. 본 연구에서는 도시가스배관에서 도시가스가 가스상태로 누출되는 모델을 선정하였으며, 누출가스의 유속이 음속 이상($P_a/P_1 \leq P_{CF}/P_1$)인 경우 식 (1)에 의해 산출한다.[4]

$$Q = AMaP_1 \sqrt{\frac{\gamma g_c M_w}{RT_1}} \quad (1)$$

유속이 음속 미만($P_a/P_1 > P_{CF}/P_1$)인 경우 식 (2)에 의해 산출한다.

$$Q = A \sqrt{\left(\frac{2g_c M_w}{R}\right) \left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right) \left[\frac{T-T_1}{\left(\frac{T_1}{P_1}\right)^2 - \left(\frac{T}{P_a}\right)^2}\right]} \quad (2)$$

여기서 Q 는 누출량(kg/s), A 는 누출원 면적(m^2), Ma 는 마하번호(무차원), P_1 은 운전압력(kgf/cm 2), γ 는 비열계수(C_p/C_v), g_c 는 중력상수 $9.8 \text{ kg} \cdot \text{m/kg} \cdot \text{s}^2$, M_w 는 분자량(kg/kg-mole), R 은 가스상수($847 \text{ m} \cdot \text{kg}/\text{kg-mole} \cdot \text{K}$), T_1 은 운전온도(K), T 는 누출온도(K), P_a 는 대기압력(kgf/cm 2), P_{CF} 는 임계흐름 압력(kgf/cm 2)이다.

2. 3. 확산 모델

확산 모델은 누출된 인화성 가스가 누출 즉시 점화되지 않는다면 증기운을 형성하여 확산한다. 공기보다 가벼운 가스의 확산은 대기조건에 따라 영향을 받게 되는데 본 연구에서는 가벼운 가스의 연속누출에 적합한 가우시안 플룸(Gaussian plume) 모델을 적용하였다.[5]

2. 4. 피해예측

2. 4. 1. 증기운 폭발(Vapor cloud explosion)

가연성의 위험물질이 연속적으로 누출되면서 대기 중에 구름형태로 모이게 되어 바람 및 대류 등의 영향으로 움직 이다가 발화원에 의하여 순간적으로 모든 가스가 동시에 폭발하는 현상으로 폭발에 의한 과압에 의하여 큰 피해를 야기시킨다. 대량의 인화성가스 누출에 따른 증기운 폭발의 발생확률은 10 % 이하로 비교적 낮지만 그 피해는 매우 크다. 증기운 폭발의 위력은 과압, 폭풍 파 등이 발생하게 된다.[6] 따라서 폭발 압력이 인체 및 시설물에 미치는 영향을 정량적으로 예측하여야 한다. 보통 증기운 폭발은 주로 폭굉보다는 폭연의 형태로 발생하게 된다. 본 연구에서는 폭연 및 폭발의 강도를 표현할 수 있는 예측방법인 TNO Multi-Energy 모델을 적용하여 피해예측을 하였다.

$$E = V_{cloud} \times \Delta H_c \times \rho \times \beta \approx V_{cloud} \times 3.5 (MJ/m^3)$$

(3)

$$R = R \times (E/P_0)^{-1/3}$$

(4)

$$P_s = P_s' \times P_0 \quad (5)$$

$$t_p = (t_p' / C_s) \times (E/P_0)^{1/3} \quad (6)$$

여기서, E 는 폭발에너지(MJ), V_{CLOUD} 는 증기운 부피(m^3), ΔH_c 는 연소열(kJ/kg), ρ 는 물질 밀도, β 는 공기와 폭발물질 비율, R 은 거리(m), R' 은 확산 거리, P_0 은 대기압(kPa), P_s 은 최대 과압(kPa), P_s' 은 확산 최대 과압, t_p 은 지속시간(ms), t_p' 은 확산 지속시간, C_s 은 음속(m/s)을 의미한다.[7]

2. 4. 2. 고압분출 화재(Jet fire)

고압의 위험물질이 연속적으로 누출되면 누출원 근처의 발화원에 의하여 점화되는 현상을 말하며 이 경우 연속적으로 복사열이 발생하게 된다. 일반적으로 고압분출 화재는 미국석유험회(API) 또는 TNO모델을 사용하여 복사열을 예측하는데 본 연구에서는 미국석유험회(API) 고압분출 화재모델 피해예측절차를 적용하였다.

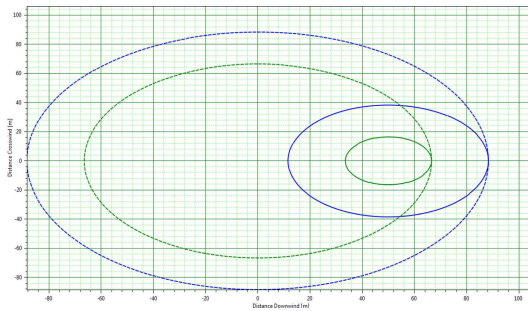
$$Q = \tau \times \beta \times Q_i / 4\pi D^2 \quad (7)$$

여기서 Q 는 일정거리에서의 복사열량(kW/m^2), τ 는 투과도(무차원), β 는 복사열비율(무차원), Q_i 는 총방사열량(kW), D 는 불꽃중심으로부터의 영향거리(m)이다. [5]

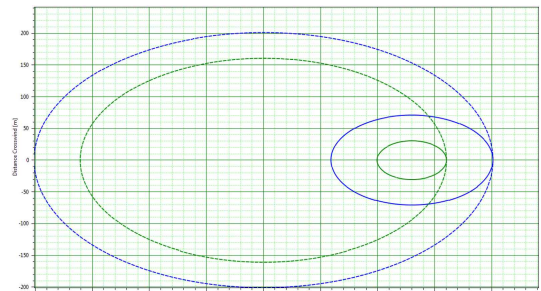
3. 1. 증기운 폭발 범위

사고결과 분석 결과 누출지점으로부터 과압이 형성되는 거리를 피해영역으로 산출하였으며, 산업안전보건법 관련 고시에 따라 폭발일 경우 고막파열이나 주택의 일부 파손을 일으킬 수 있는 영향범위인 7 kPa의 과압이 미치는 거리는 최악의 시나리오에서는 공급압력이 저압(5 kPa)일 경우 72.86 m, 중압(0.8 MPa)일 경우 232.44 m, 고압(3 MPa)일 경우 620.36 m로 각각 산출되었다. 또한 대안의 시나리오에서는 공급압력이 저압(5 kPa)일 경우 148.38 m, 중압(0.8 MPa)일 경우 380.91 m, 고압(3 MPa)일 경우 615.97 m로 산출되어 압력이 높을수록 증기운 형성범위가 크고 그에 따라 폭발로 인한 피해범위와 비례함을 확인할 수 있었다.

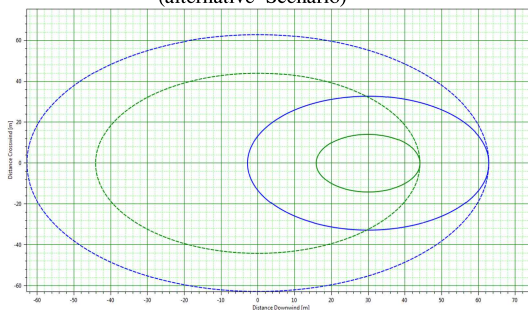
3. 결과 및 고찰



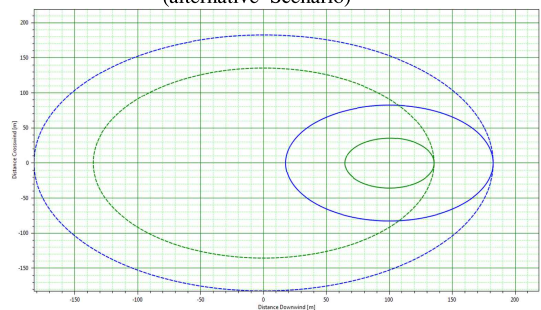
(a) Operating Pressure 5 kPa
(alternative Scenario)



(c) Operating Pressure 0.8 MPa
(alternative Scenario)



(b) Operating Pressure 5 kPa
(worst Scenario)



(d) Operating Pressure 0.8 MPa
(worst Scenario)

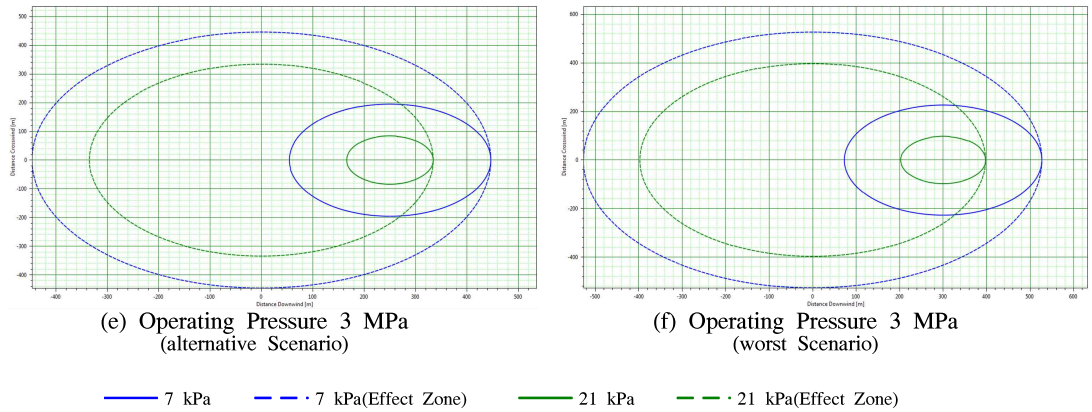


Fig. 1. The maximum distance at overpressure for VCE explosion effect according to worst and alternative scenario

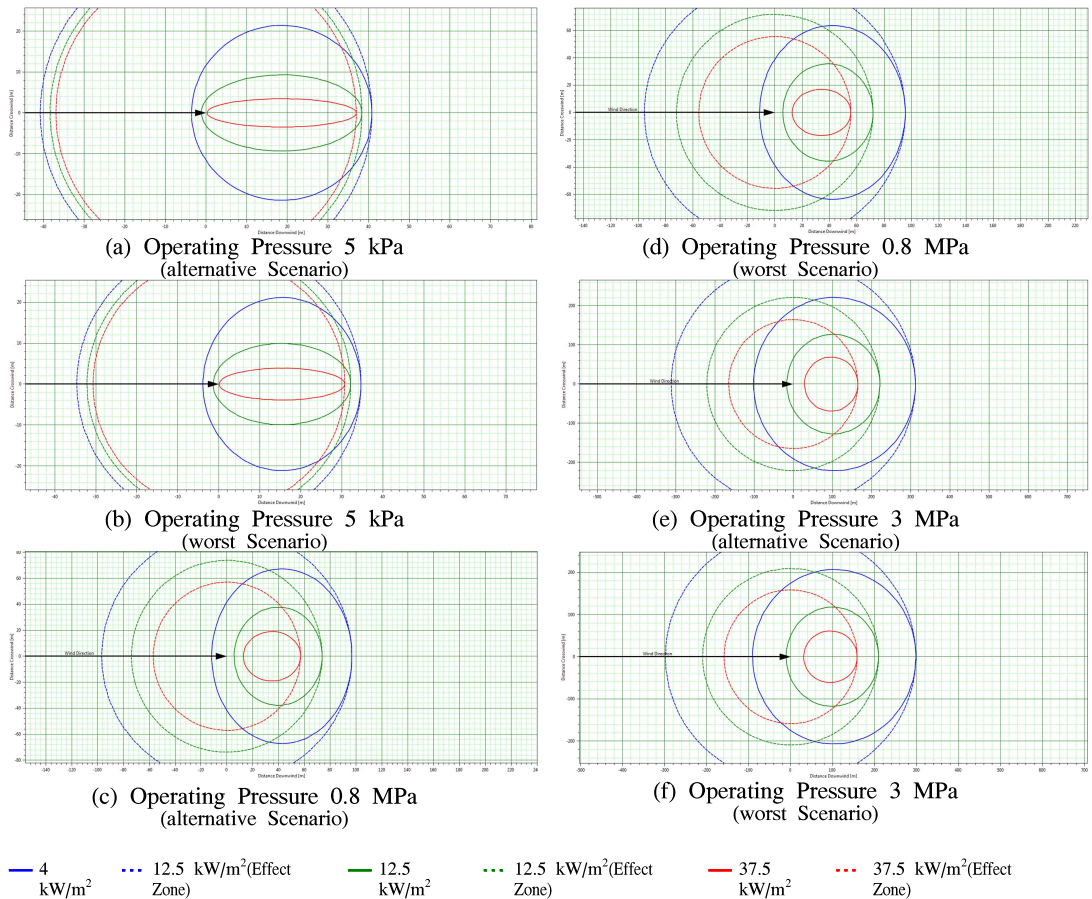


Fig. 2. The maximum distance at radiation intensity for jet fire effect according to worst and alternative scenario

3. 2. 고압분출화재 복사열 범위

사고결과 분석 결과 누출량을 산출하여 누출지점으로부터 화염이 형성되는 거리를 피해영역으로 산출하였으며, 산업안전보건법 관련 고시에 따라 화재일 경우 사람에게 통증을 일으킬 수 있는 영향범위인 4 kW/m^2 의 복사열이 미치는 거리는 최악의 시나리오에서는 공급압력이 저압일 경우 34.62 m, 중압일 경우 95.42 m, 고압일 경우 297.96 m로 각각 산출되었다. 또한 대안의 시나리오에서는 공급압력이 저압일 경우 40.78 m, 중압일 경우 96.80 m, 고압일 경우 311.68 m로 산출되어 공급압력과 고압분출화재로 인한 피해범위도 비례함을 확인할 수 있었다.[8]

4. 결 론

본 연구에서는 도시가스 공급배관에서 누출이 발생하여 화재 및 폭발 사고가 발생할 경우 사고결과 분석을 통해 정량적인 피해범위를 산출하였다. 공급압력의 크기에 따라 사고의 영향이 미치는 영역 및 피해정도를 정량적으로 산출이 가능하므로 대피 시민의 범위와 안전대피지역 등을 반영한 비상조치계획을 수립하여 안전관리업무 담당 인력에게 교육 및 훈련을 실시할 수 있을 것으로 기대된다. 사고결과 피해예측 방법 등 안전기술과 정보 활용 기술 인력을 지속적으로 양성하고 능력을 향상시켜 만일에 발생할 수 있는 사고의 피해를 최소화할 수 있도록 역량을 갖추어야 할 것으로 판단된다.

사고로 인한 피해의 예방 및 최소화를 위해 도시가스 공급배관 주위에서 이루어지는 타 공사가 안전하게 시행될 수 있도록 노력을 기울이고 도시가스 누출 등의 이상상황을 감지할 수 있는 시스템적 역량 향상 및 정상적인 기능 유지를 통해서 효과적인 피해저감 및 비상조치 방안을 강구하고 사고예방의 노력을 기울여야 할 것으로 판단된다.

References

- [1] 오신규, “국의 천연가스 배관 사고 빈도 비교 및 분석 모형에 관한 연구” Shin-Kyu Oh, “A Study on Failure frequency Model for Risk Analysis of Natural Gas Pipeline with Comparison of Overseas Failure Data”(2014)
- [2] KOSHA GUIDE P - 102 - 2021 “사고 피해예측 기법에 관한 기술지침”
- [3] KOSHA GUIDE P - 107 - 2020 “최악 및 대안의 사고 시나리오 선정에 관한 기술지침”
- [4] KOSHA GUIDE P - 92 - 2012 “누출원 모델링에 관한 기술지침”
- [5] 한우섭, 한인수, 최이락, “연구보고서 화학물질의 폭발사고 피해예측 및 적용방안 연구”, 안전보건공단
- [6] 이승훈, 김한수, “플랜트 폭발 사례 분석을 통한 증기운 폭발의 폭압 산정법 연구” “Study on the Calculation of the Blast Pressure of Vapor Cloud Explosions by Analyzing Plant Explosion Cases”(2021)
- [7] 이현창, 유 준, 김태옥 “배관누출에 의한 가스 폭발사고에서 누출 시나리오 선정 및 사고결과 분석” Hern-Chang Lee, Jun Ryoo, Tae-Ok Kim, “Selection of Release Scenario and Consequence Analysis for Gas Explosion by Pipe Release”(2006)
- [8] 류영돈, 조영도, 박영길, 이수경, “정량적 위험성 평가를 통해 제안된 도시가스 고압배관의 위험경감조치별 위험감소효과, Young Don Ryou, Young Do Jo, Young Gil Park, ”Risk Reduction Rate for Each Risk Mitigation Measure on High Pressure Urban Gas Pipelines Proposed by Quantitative Risk Analysis“(2010)

일본 가스산업의 전력시장 진출현황과 성장전략 연구

이수진 · 허정 · 노지용

한국도시가스협회

A study on the current status of Japanese gas industry's entry into the electric power market and its growth strategy

Soo-Jin Lee¹ · Jung Hur² · Ji-Yong Roh²

Korea City Gas Association

요 약

일본의 에너지시장 전면 자유화 이후 전력 및 가스시장에는 업역간 교차 진출 및 다양한 신규 사업자들의 참여가 활성화되고 있으며, 그 결과 신규 사업자의 시장 점유율도 지속적으로 증가하고 있다. 특히 상대적으로 진입이 자유로운 전력시장의 소매전기사업자 등록수는 꾸준히 증가하고 있으며, 다양한 형태의 신규 전력사업 비즈니스모델이 출현하고 있다.

한편, 일본 정부는 전력시장 전면 개방 이후 안정적인 전력공급을 위해 2021년 수급조정시장 개설하는 등 전력공급계통 시스템을 개선하였고, 이에 따라 VPP 및 관련 사업이 활성화될 것으로 예상되며 기존 가스사업자들도 관련 사업 진출을 위해 실증사업을 검토 중이다.

본 논문에서는 일본 에너지시장 전면자유화 이후, 기존 가스사업자들의 전력시장 진출 현황을 살펴보고 전력시장에서 추진하고 있는 비즈니스모델에 대한 연구를 통해 향후 국내 에너지시장 개방시 국내 가스사업자들의 성장전략을 연구하고자 한다.

Abstract - Since Japan's total liberalization of the energy market, cross-industry and participation of various new operators have been activated in the electric power and gas market, and as a result, the market share of new operators is continuously increasing. In particular, the number of registered retail electricity business operators in the power market, which is relatively free to enter, is steadily increasing, and various types of new power business business models are emerging.

Meanwhile, the Japanese government improved the power supply system by opening a supply-demand adjustment market in 2021 to ensure a stable power supply after the full opening of the power market. Accordingly, VPP and related businesses are expected to be activated. We are reviewing a demonstration project to advance into the market.

In this paper, after the total liberalization of the Japanese energy market, the current state of entry into the electric power market of existing gas operators is examined, and the business model promoted in the electric power market is studied to study the growth strategies of domestic gas operators when the domestic energy market is opened in the future.

Key words : Japan's energy industry, electricity, citygas, energy liberalization, etc.

E발표장

E-1	· 주제: 특별세션5. Energy Transition Initiatives for Hydrogen in Digitalization · 일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00-14:30
E-2	· 주제: 일반세션. 자원 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 14:35~17:05
E-3	· 주제: 일반세션. 안전환경/LP산업가스/설비이용/플랜트 · 일시: 2022년 5월 27일(금), 09:00-12:00

글로벌 에너지전환 전망 2021

유선일*, 고정훈**, 윤형준**
*디엔브이코리아, ** (주)유틸이씨

Global Energy Transition 2021

Yoo Sun Il*, Ko Jung Hoon**, Yoon Hyung Joon**
*DNV Korea Digital Solutions, ** UTEC

요 약

에너지전환은 재생에너지 발전방식을 중심으로 1980년 독일에서 등장한 개념이며 체르노빌 원전사고 이후 원자력에 대한 우려가 커지면서 자연적·사회적 여건에 따라 최적의 에너지를 선택하는 좁은 의미에 한정된 경향이 있었으나, 다양한 연구와 사회적 변화를 거치는 동안 에너지전환은 그 의미가 확장되었고, 2000년대 들어 에너지전환은 화석연료 감축을 핵심으로 하는 에너지 공급 시스템의 변화 외에도 에너지 효율 향상, 분산형 발전, 에너지 기본권과 같은 개념이 추가되어 에너지를 기반으로 한 사회·경제 시스템 전반을 아우르는 개념으로 발전했다. 현재 에너지전환은 소비, 공급, 전달체계를 혁신해 안정적으로 친환경 에너지를 공급하고, 신산업 육성을 통해 일자리를 창출하는 성장 동력원으로 인식되고 있으며, 국가 차원의 에너지 정책에서 중대한 변화를 이끌었다. 안전하고 깨끗한 에너지가 각국 에너지 정책의 화두로 부상하면서 석탄, 원전 비중은 감소하고 재생에너지의 신규 건설 및 투자는 증가하고 있다.

전기를 만드는 에너지원도 석탄, 천연가스, 원자력 그리고 태양과 바람 등 자연을 이용한 재생에너지와 수소, 연료전지 등으로 다양해졌으며 특히 1, 2차 석유파동 이후, 세계 각국은 에너지 안보에 대한 심각한 위협을 느끼고 석유의 대체 에너지를 찾기 위해 노력하면서 가스와 원자력, 신재생에너지의 중요성이 부각되기 시작했다. 현재 신재생에너지 중심의 에너지전환은 디지털전환(Digital Transformation)과 맞물려 빠르게 발전하고 있으며 빅데이터와 네트워크, 정보통신기술(ICT)에 기반한 기술 혁신이 에너지 산업을 이전과 다른 방향으로 바꿔놓았다.

본 발표에서는 DNV에서 2021년 발표한 2050년까지의 에너지별, 용도별 글로벌 에너지전환 전망을 설명하고자 한다.

Synergi Gas를 활용한 수소 혼합 배관망 모델링 및 해석

이종수, 주경민, 임노현

이노비아이솔루션(주)

Modeling and Analysis of Hydrogen Blended Natural Gas Pipe Network Using Synergi Gas

Lee Jong Su, Ju Kyung Min, Lim No Hyun

Inno-Bi Solution Co., Ltd.

요 약

전 세계적으로 탄소 중립(Net Zero)을 위해 화석 연료를 대신하여 친환경 연료 사용을 계획하고 있다. 특히, 친환경 연료 중 수소(Hydrogen)는 천연가스(Natural Gas)와 동일하게 난방 및 발전에 사용될 수 있는 연료이다. 또한 기존 천연가스 파이프라인을 통해서 운반할 수 있으므로 천연가스에 수소를 혼합하여 천연가스 연소 시에 발생하는 이산화탄소(CO₂) 방출량을 저감할 수 있다. 산업부에서는 천연가스 배관망에서 수소 혼합 실증을 계획하고 있으며 많은 도시가스사들이 천연가스에 수소가 혼합되었을 때의 영향에 많은 관심을 가지고 있을 것이다.

본 발표에서 저자는 천연가스 배관망 해석 프로그램인 Synergi Gas를 활용하여 수소가 혼합된 천연가스 배관망을 모델링하고 해석하여 기존 천연가스 배관망과의 압력 및 점도 등의 결과 차이를 설명하고자 한다.

수소액화플랜트 안전성 제고를 위한 대응방안

유선일*, 이정우*, 고정훈**, 윤형준**

*디앤브이코리아, ** 유티이씨

The countermeasures for improving safety of hydrogen liquefaction plant

Yoo Sun Il*, Lee Jeong Woo*, Ko Jung Hoon**, Yoon Hyung Joon**

*DNV Korea Digital Solutions, ** UTEC

요 약

환경문제가 인류의 생존 문제로까지 부각되면서 전 세계적으로 지구 온난화 문제 해결 및 대기환경 개선을 위한 노력을 경주하고 있고, 세계적으로 탄소에 기반을 둔 하부 경제구조가 화석연료에서 수소 중심의 경제·사회로 전환되고 있다. 인류가 당면하고 있는 에너지 문제와 환경 문제를 동시에 해결할 수 있는 에너지원으로서 주목받고 있는 수소 중심의 미래 수소 경제·사회 인프라는 크게 수소의 생산, 저장/운송, 이용의 3가지 인프라로 구성된다. 수소 활용 초기에는 현재 인프라가 일부 구축되어있는 기체 수소 기반 저장/ 운송 시스템이 적절하나, 수소 활용이 본격화되는 시점에서는 대용량 저장, 도심지에서의 안전 측면, 인프라 구축비용을 포함한 경제성 측면에서 액체수소 기반 인프라가 경쟁력을 가지며, 궁극적으로 파이프라인 운송과 함께 미래 수소사회의 핵심 인프라가 될 것으로 예측된다.

본 발표에서는 수소누출과 관련한 화재폭발 실증실험에 대하여 살펴보고, 현재 국내에서 활발히 추진되고 있는 수소액화플랜트에 대하여 위험성 평가 프로그램인 Safeti를 활용한 결과에 대하여 소개하고 안전성 제고를 위한 대응방안을 고찰하고자 한다.

LNG-FPSO에서 PVCap을 이용한 해저 파이프라인의 유동안정성 실험 및 전산해석 연구

송차영, 강인구, 조성학, 박경식, *이정환
전남대학교 에너지자원공학과

Experimental and Numerical Study on the Flow Assurance of Subsea Pipeline Using PVCap in LNG-FPSO

Chayoung Song, Ingu Kang, Seonghak Jo, Kyungsick Park, Jeonghwan Lee*
Dept. of Energy and Resources Engineering, Chonnam National University

요 약

해상 가스전 개발 시 심해의 저온 환경에서 하이드레이트 플러깅 발생을 방지하고 유동 안정성(flow assurance)을 확보하는 것이 필수적이다. 본 연구에서는 LNG-FPSO 상부구조물의 시스템 가용도(system availability)를 고려한 해저 유동관내 유동안정성 확보 및 전산해석 연구를 수행하였다. 이를 위해 PVCap의 하이드레이트 생성 억제 성능 평가 실험과 LNG-FPSO 상부구조물 가용도 분석을 수행하고 유동관내 하이드레이트의 발생 위험도를 평가하였으며, 이에 따른 PVCap 주입 농도를 산출하였다.

먼저, PVCap의 하이드레이트 지연시간을 측정하기 위해 과냉각 온도 6.1, 9.2, 12.1℃에서 하이드레이트 억제 성능 평가 실험을 수행하였다. 다음으로 해상 가스전 탐사이드 시스템의 가용도를 분석하였다. 20년 동안 LNG-FPSO 탐사이드의 가용도는 89.3%로 산출되었으며, 50 시간의 최장 고장 시간이 연간 2.9회 발생할 것으로 예측되었다. 현장 자료를 이용하여 다상 유동 시뮬레이션을 위한 유동관 모델을 구축하였으며, 다상 유동 시뮬레이션을 통해 하이드레이트 플러깅 위험도를 예측한 결과 50시간의 생산 중단 조건에서는 23.2 시간 만에 유동관 끝단에서 하이드레이트가 발생하는 것을 확인하였다. 마지막으로, PVCap 실험 결과를 기반으로 하이드레이트 발생 방지를 위한 PVCap 주입 농도를 산출하였다. 분석 결과, 0.25 wt%의 PVCap을 연간 2.9회 주입 시 하이드레이트 플러깅을 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20172510102150). 또한, 본 연구는 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2020R111A3060663).

물리검층 학습데이터 기반 GBDT 알고리즘을 이용한 음파검층 자료 예측

한동권, 김민수, 권순일

동아대학교 환경에너지공학부 미래에너지공학전공

Prediction of Sonic Logs using Gradient Boosting Decision Tree Algorithms based on Logging Training Data

Dongkwon, Han, Minsu, Kim, Sunil, Kwon

*Department of Future Energy Engineering, Division of Environmental and
Energy Engineering, Dong-A University*

요 약

시추를 통한 물리검층 작업은 석유개발 과정에서 지층평가에 활용되는 매우 중요한 작업 중 하나이다. 물리검층 자료를 통해 지층의 유형이나 암석 물성, 유체 물성, 지층 정보, 생산 잠재력, 시추공 안정성 문제에 활용한다. 이 중 음파검층은 암상이나 공극률을 예측하는데 보정자료로 활용하고, 지층 과압지역 도출에 활용되는 중요한 검층방법이다. 기존의 음파검층을 통해 압축파 속도(compressional wave velocity: V_p)를 취득할 수 있지만, 전단파 속도(shear wave velocity: V_s)는 쌍극자 음파 imager를 사용해야 하는데 이것은 비용소모가 크기 때문에 모든 유정에 검층을 수행하기 어렵다. 그리하여 경험적 모델이나 다중회귀분석, 머신러닝 기법을 이용하여 V_s 를 예측하는 연구들이 제안되었다.

본 연구에서는 물리검층 학습데이터를 기반으로 머신러닝 기법 중 GBDT(Gradient Boosting Decision Tree) 알고리즘을 이용하여 V_s 를 예측하는 연구를 수행하였다. 연구에서 활용한 물리검층 데이터는 북해 Volve 유전의 공공데이터를 기반으로 하였으며, 통계 및 도메인 지식을 활용하여 데이터 전처리 분석을 수행하였다. 예측모델의 입력변수는 감마선, 비저항, 밀도, 중성자, V_p 검층 자료 등이고, 종속변수는 V_s 검층 자료이다. 분석결과 다중회귀분석, 서포트벡터머신 지도학습 모델보다 GBDT 알고리즘이 정확도가 높은 것으로 확인되었고, 하이퍼파라미터 민감도 분석을 통해 강건한 모델을 제안하였다. 기존의 블랙박스 모형인 머신러닝 모델의 단점을 보완한 설명가능한 인공지능 기법(eXplainable Artificial Intelligence: XAI)를 적용하여 V_s 예측 모델의 기여한 독립변수를 산출하고 영향도를 분석하였다.

사 사

본 연구는 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원(No. 2021060001, 데이터사이언스 기반 석유·가스 탐사 컨소시엄, 기여율 50%) 2022년도 교육부와 한국연구재단의 지원(No. 2020R1I1A1A01060571, 기여율 50%)을 받아 수행한 연구 과제입니다.

CO₂-WAG 공법의 효율 향상을 위한 나노유체의 활용

박혜리, 이병찬, *장호창*

강원대학교 에너지자원융합공학과, *강원대학교 에너지공학부

Application of nanofluid to improve the performance of CO₂-WAG process

Hyeri Park, ByungChan Lee, Hochang Jang*

Department of Energy and Resources Engineering, Kangwon National University

**Division of Energy Engineering, Kangwon National University*

전 지구적인 환경 문제가 대두됨에 따라 탄소중립의 실현은 글로벌 패러다임으로 떠오르고 있다. CO₂-WAG 공법은 CO₂와 물을 교대로 주입하여 잔류오일을 생산하는 석유회수증진 공법으로 오일 회수와 동시에 CO₂의 지중 저장이 가능한 장점이 있다. 본 연구에서는 CO₂-WAG 공법의 주입수에 나노입자를 첨가하는 시뮬레이션 연구를 수행하였다. 이를 위해 CMG사의 GEM 시뮬레이터를 이용해 1-D 코어 모델을 구축하였다. 코어 모델의 입력값은 일반적인 사암이 가지는 물성 범위 안에서 투과도, 공극률, 상대유체투과도를 결정했으며, 오일은 40°API를 가지는 경질유로 구성하였다. 또한, 공법의 효율성을 확인하기 위해 CO₂-WAG의 설계변수인 슬러그 사이즈, 물-가스 비, 나노유체의 비율에 대한 민감도 분석을 수행하였다. 그 결과 나노입자를 첨가한 CO₂-WAG 공법에서 오일 회수율과 CO₂ 저장량이 증가했으며, 물-가스의 주입 비율에 따라 공법의 효율이 변화함을 확인할 수 있었다. 따라서, CO₂-WAG 공법에서 나노유체의 활용은 저류층의 친수성을 유도하고 CO₂의 용해도를 높여 오일 회수율 향상과 CO₂ 저장량 개선에 도움이 될 것으로 판단된다.

사 사

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

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

블루수소 생산 연계 이산화탄소 처분활용을 위한 셰일저류층 잠재력

이원석

한국지질자원연구원

Potentials of Shale Reservoir for CCUS in Blue Hydrogen Production

Won Suk Lee

Korean Institute of Geoscience and Mineral Resources

요 약

수소경제로의 에너지 패러다임이 변화하는 상황에서 정부는 청정수소(그린 및 블루수소) 공급량을 현재 22만톤에서 2050년 2,700백만톤까지 확대하겠다고 발표하였다(수소선도국가 비전, 2021). 국내 에너지 수급구조, 경제성 등을 고려할 때 상당기간 블루수소 비중이 높을 것으로 예상되며, 대표적인 산유국에서도 이에 대한 공격적인 준비를 하고 있다.

블루수소 생산을 위해서는 다양한 형태의 유가스전을 활용한 이산화탄소 처분 및 회수증진 관련 기술이 요구된다. 이러한 관점에서 셰일저류층에 대한 관심이 특히 고조되고 있다. 최근들어 천연가스 시장이 지속적으로 증가하는 추세에서 셰일가스의 생산량 비중 역시 증가하고 있으며, 상대적으로 낮은 회수율을 극복하기 위한 회수증진공법 또한 활발히 연구되고 있다.

전 세계적으로 분포하는 셰일저류층에 부존하고 있는 오일 및 가스의 양은 각각 3,450억 배럴, 7,299조 입방피트에 이르며(EIA, 2013), 2015년 기준으로 비전통 셰일오일 및 셰일가스의 생산량은 각각 일산 4백90만 배럴, 일산 3백74억 입방피트에 달하며, 이는 미국의 오일 및 가스 전체 생산량의 1/2에 이르는 양이다(EIA, 2016).

이 연구에서는 블루수소 생산시 발생하는 이산화탄소의 처리 및 활용 대상으로 셰일저류층에 대한 잠재성을 검토하였다. 먼저 셰일저류층의 분포 특성, 이산화탄소 저장 용량 등을 검토하였으며, 이산화탄소 처분 및 회수증진 타당성 분석에 필요한 저류층 물성, 메커니즘 등을 고찰하였다. 마지막으로 개념화된 저류층 모델에 대한 시뮬레이션 수행을 통해 저류층 대표 인자에 대한 민감도를 분석하였다.

세계 수소경제를 주도하기 위해서는 수소 공급망에 대한 경제성, 공급안정성 및 탄소중립 효과를 고려한 다양한 형태의 공급망 구축이 필요한 상황에서 해외 블루수소 공급망은 반드시 검토되어야 할 대상이며, 특히 탄소중립 부분에서 셰일저류층 활용에 대한 연구 및 적용 타당성 분석이 필요할 것으로 판단된다.

데이터기반 투과도 예측모델 개발을 위한 물리검층 자료 전처리 기법 연구

김민수, 안유빈, 김재윤, 한동권, 권순일

동아대학교 환경에너지공학부 미래에너지공학전공

A Study on Data Preprocessing Techniques of Geophysical Logging for Developing a Data-Driven Permeability Prediction Model

Minsoo Kim, Yubin An, Jaeyun Kim, Dongkwon Han, Sunil Kwon

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

요 약

투과도는 지하 유체의 유동성을 결정하는 가장 중요한 요소이고 유체의 생산성(주입성) 및 경제성 평가에 사용되므로 정확한 측정과 예측이 석유개발 및 이산화탄소 지중저장 분야에서 매우 중요하다. 투과도는 전통적으로 코어분석, 물리검층, 유정시험 등의 방법을 통해 산출하게 된다. 코어분석은 신뢰성이 높지만 취득된 코어에 한정되어 광범위한 값을 대신하기에는 무리가 있다. 산출시험은 코어분석에 비해 더 넓은 지역의 투과도를 측정할 수 있고 정확도가 높지만, 저류층 압력이 완전히 회복될때까지 작업을 중단해야 하는 경제적 문제가 있다.

물리검층은 지층의 물성을 연속적으로 측정해 지층의 수리적, 역학적 특성과 지층 상태에 관한 정보를 획득할 수 있고, 퇴적 과정을 설명할 수 있는 정량화 가능한 수치 데이터를 제공하기 때문에 시추 작업 시에 거의 필수적으로 수행된다. 따라서 물리검층 자료로부터 투과도를 산출하는 것은 매우 의미있는 작업이다. 그러나 물리검층 자료로부터 경험식을 통해 공극률을 산출하고 이를 토대로 투과도를 계산하는 전통적인 기법은 정확도에서 한계를 보여주고 있어 이를 극복하고자 국·내외에서 머신러닝을 활용한 데이터 기반의 분석 연구가 다양하게 이루어지고 있다.

데이터 분석과정에서 데이터 전처리는 예측 모델의 성능에 직접적인 영향을 주기 때문에 데이터 분석의 단계 중 80% 정도의 시간을 투자하는 단계이다. 일반적으로 데이터 전처리는 데이터 정제, 결측치처리, 이상치처리, 분석 변수 처리의 순서로 진행된다.

본 연구에서는 캐나다 Alberta 주 Charlie Lake 지층의 물리검층 데이터를 군집분석, PCA 등 비지도학습 머신러닝을 이용하여 분석을 수행하고, 유정위치와 암상에 따라 데이터를 분류하여 저류층 투과도 예측의 성능을 높이는데 목적이 있다. 따라서 목표 지층의 지질학적 특성, 물리검층 자료 등에 대한 데이터 분석을 수행 후, 물리검층 데이터 정제 및 암종별 연관성 분석, 군집화를 수행하였다. 또한 한 번의 전처리를 거친 데이터를 머신러닝을 이용한 통계적 기법으로 분석 변수를 처리하였다.

사사 : 이 논문은 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021060001, 데이터사이언스 기반 석유·가스 탐사 권소시움)

탄산염암 저류층에서 나노-스마트워터의 오일 회수증진 효과 분석

조성학, 송차영, 강인구, *이정환
전남대학교 에너지자원공학과

Effect on the Enhanced Oil Recovery of Nano-Smart Water in a Carbonate Reservoir

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

요 약

본 연구에서는 해수를 기반으로 하여 전위결정이온(potential determining ion, PDI) 농도를 조절한 스마트워터와 나노유체의 오일 회수증진에 관한 시너지 효과를 위해 나노-스마트워터 유체를 합성하였으며, 그 성능을 평가하였다. 먼저, 합성한 유체의 분산안정성을 확인하였고, 계면장력(interfacial tension, IFT)과 습윤도(wettability)를 측정함으로써 암석-유체-오일 간 표면 화학적 특성을 분석하였다. 마지막으로, 코어유동(core flooding)실험을 수행하여 오일 회수증진 공법(enhanced oil recovery, EOR)으로 인한 추가적인 오일 회수증진 효과를 분석하였다.

분산안정성 평가 결과, 실리카 나노 입자 농도 0.5 ~ 3.0 wt%에서 나노-스마트워터의 분산안정성을 확보하였다. 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 SO_4^{2-} 로 PDI 조절을 한 경우, 추가적인 습윤도 개선 효과를 나타내었다.

코어유동 실험 수행을 위해 표면 화학적 특성 실험 결과를 기반으로 세 가지의 실험 케이스를 설정하였으며, 각 케이스는 저염수(case 1), MS1(case 2), KS3(case 3)이다. 실험 결과, 세 가지 케이스 모두 수공법(waterflooding)에서 일반적인 범위에 해당하는 20 ~ 30%의 오일이 회수되었다. 이후 EOR 공법 적용 및추진수 주입(post-waterflooding) 시 case 1에서는 오일 회수율이 약 11.4%로 저조하였으나, case 2와 case 3의 경우, 오일 회수율은 각각 29.4, 36.9%로 산출되었다. 따라서 저염수를 주입하는 경우보다 해수 기반의 나노-스마트워터 주입 시, 오일 회수율이 약 2.6 ~ 3.2배 향상되는 것을 확인하였다. 본 연구에서 개발한 해수 기반 나노-스마트워터는 탄산염암 저류층에서 새로운 오일 회수증진 공법으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 20212010200010). 또한, 본 연구는 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2020R111A3060663).

전기공저펌프(ESP)의 작동상태 모니터링을 위한 노달분석 활용 연구

Joseph Iranzi¹, 손한암¹, 왕지훈²

부경대학교 에너지자원공학과¹, 한양대학교 자원환경공학과²

A Study to Evaluate Nodal Analysis Application into Electrical Submersible Pump (ESP) Operations Monitoring

Joseph Iranzi¹, Hanam Son¹, Jihoon Wang²

Department of Energy Resources Engineering, Pukyong National University 1

Department of Energy Resources and Environmental Engineering, Hanyang University 2

Abstract

Electrical Submersible Pump (ESP) is a competent and efficient AL to lift the moderate and high volume of liquid from the well. It has been used in the horizontal well shown tremendous efficiency. However, the ESP is not productive when gas are present in the produced oil. Unfortunately, gas production are the major problem identified in the oil produced from the horizontal well. The ESP operation in the presence of gas may arise the problem related to the gas locking and leading to the ESP premature failure. The best way of the ESP operation monitoring is to delineate the effects of the mentioned problem on the ESP performance and predict the onset of the abnormality. This study presents the approach of ESP abnormal prediction using nodal analysis technic when the gas lock. To evaluate the gas effect on the ESP performance, the homogenous model was used to calculate the pump differential pressure at the increased gas volume fraction. Using the calculated differential pressure, nodal analysis was performed at the both intake and discharge point to evaluate the pump intake pressure and pump discharge pressure variation. The observed PIP and Pd were compared against the normal operating range to delineate the variation of the ESP operation according to the GVF increases. The three-phase of the ESP operation was identified including the normal operating phase, abnormal operation phase, and shut-down condition phase. The PIP and Pd corresponding to that identified phase was estimated which is the onset transition from one phase to another. The result found agrees with other surging correlation models like Romero, Dunbar, and Turpin and agrees with field case studies.

본 연구는 산업통상자원부의 연구과제(비전통 유가스정 생산성 향상 스마트 관리기술 개발 및 현장실증, 20192510102510)로부터 지원받아 수행되었습니다.

ESP 실험데이터의 머신러닝을 활용한 고장 진단 분석

송영수, 전성준, 왕지훈
한양대학교 자원환경공학과

Failure analysis using Machine Learning obtained from ESP experimental approach

Youngsoo Song, Sungjun Jun, Jihoon Wang
*Hanyang University, Department of Earth Resources and Environmental
Engineering*

요 약

ESP (Electrical Submersible Pumps)는 가장 많이 사용되는 인공채유기법 중 하나이다. 특히, 해상 유전의 90%이상에서 지상으로 오일과 물을 생산하는데 ESP를 사용한다. ESP 고장은 석유 및 가스 산업에서 흔히 발생하는 일이며, ESP 유지보수는 석유 운영회사에게 엄청나게 많은 비용이 드는 문제다. 이에 신뢰할 수 있는 ESP 고장 진단 분석은 유전의 최적의 생산 계획 수립을 위한 매우 중요한 과정이다. 일반적으로 고장 진단 분석은 압력, 온도, 진동 데이터 등의 자료를 활용해 Ammeter charts, 노달 분석과 같은 기법을 통해 수행된다. 하지만 이 기법들은 조정을 위해 자주 현장에 방문하는 등의 인적자원이 요구되고, 실시간으로 추출되는 데이터들에 대해 대응할 수 없다는 특징을 가지고 있다. 그에 이번 연구에서는 이러한 단점들을 보완한 머신러닝 기술을 적용하여 ESP 고장 진단 분석 연구를 수행하였다. 머신러닝 기술 적용을 위해 ESP 성능 실험테스트 결과를 활용하였다. ESP 성능 실험테스트는 300일동안 운영하였으며, 두 번의 고장이 발생하였다. 이러한 데이터를 활용하여 머신러닝 기술 중 주성분 분석(Principal Component Analysis, PCA)을 활용하였다. PCA를 활용하여 ESP 고장 진단 분석을 2차원, 3차원으로 시각화할 수 있으며 이를 통해 직관적으로 분석 할 수 있다. 또한, 축소된 3개의 주성분으로 분류한 결과, 고장 시점에서의 데이터를 95.16%의 정확도로 예측하여 수행한 PCA 방법이 ESP 고장 진단 분석에 적절한 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부의 연구과제(비전통 유가스정 생산성 향상 스마트 관리 기술 개발 및 현장실증, 20192510102510)로부터 지원받아 수행되었습니다.

탄산염암 저류층에서 하이브리드 저염수공법의 나노입자 영향에 대한 실험적 연구

한선이¹, 사체티 플로리안 안드레아², 이영수^{3*}

전북대학교 자원·에너지공학과 박사과정¹, 전북대학교 자원·에너지공학과 석사과정²,

*전북대학교 자원·에너지공학과 교수³

Experimental investigation of nanoparticle effect for hybrid low salinity water flooding in a carbonate reservoir

Sunlee Han¹, Sacchetti Florian Andrea², Youngsoo Lee^{3*}

Doctoral student, Mineral Resource and Energy Engineering, Jeonbuk National

University¹, Master's Student, Mineral Resource and Energy Engineering,

Jeonbuk National University², *Professor, Mineral Resource and Energy

Engineering, Jeonbuk National University³

요 약

이 연구에서는 탄산염암 저류층에 하이브리드 저염수 주입공법(LSWF)을 적용한 경우, 서로 다른 물리화학적 특성을 갖는 실리카(SiO_2)와 알루미나(Al_2O_3) 나노입자의 영향을 분석하였다. 각 나노입자의 오일 회수 메커니즘을 확인하기 위해 탄산염암의 공극 구조, 암석 표면 특성, 계면 장력의 변화를 분석하였다. 저염수기반 나노입자 주입 시 공극 막힘과 용해가 동시에 발생하여 공극 구조 변화가 발생하지 않았으나, 탄산염암 표면과 반대의 전하를 가진 실리카는 전기적 인력에 의해 접촉각을 감소시켜 탄산염암 표면을 oil-wet에서 intermediate-wet으로 변화시켰다. 저염수기반 알루미나는 저염수의 charge screening 영향으로 탄산염암의 젖음성을 intermediate-wet으로 변화시켰다. 또한, 알루미나는 주로 나노입자와 오일 간 계면 장력을 감소시키고 오일 점도를 증가시키기 때문에 breakthrough 시간이 감소되는 것으로 나타났다. 나노입자를 주입한 모든 경우에서 오일 회수율이 70% 이상으로 높게 나타났으나, 알루미나 나노유체의 경우 breakthrough 이후에는 추가적으로 오일을 회수하지 못하는 것으로 관찰되었다. 이에 비해 실리카의 경우 breakthrough 이후 추가적으로 3% 정도의 오일 회수가 가능하였다. 이러한 결과로부터 하이브리드 저염수 주입공법에 나노입자를 첨가함으로써 보다 높은 회수율을 기대할 수 있으며, 저염수기반 알루미나가 단시간 내 더 많은 양의 오일을 회수할 수 있어 탄산염암 저류층에 적용하기에 보다 적합한 주입제로 판단된다. 하지만 이러한 영향은 주입한 나노입자의 특성과 주입수의 염분 농도, 암석과 유체의 표면특성, 저류층 특성에 따라 다르게 나타나므로 실제 현장에 적합한 나노유체의 선정이 중요하다.

사 사

이 논문은 2019년 대한민국 정부(교육부, 과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단, 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (2019R1I1A3A01060375, 2021-0-02129)

Gaussian 압력 천이 기법을 활용한 CO₂ 지중저장 시의 저류층 용기 분석 연구

전성준, 송영수, 김규현, 왕지훈
한양대학교 자원환경공학과

Formation Uplift Analysis During Geological CO₂ Storage Using Gaussian Pressure Transient Method

Sungjun Jun, Youngsoo Song, Kyuhyun Kim, Jihoon Wang
Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang
University

파리협정 준수 및 탄소중립 달성을 위해서는 대규모 CO₂ 지중저장이 필수적이다. CO₂ 주입으로 인해 증가한 공급 압력은 대상 지층의 파괴 및 변형과 같은 문제를 야기하기 때문에 안정적 주입 전략 수립을 위해 지구역학적(geomechanical) 분석이 요구된다. 기존 연구는 지층의 파괴, 단층 재활성화 등에 집중되어 있으나, 사회적 수용성 여부에 큰 영향을 미치는 지반 용기 및 침하에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 해석적(analytical) 기법으로 저류층 압력 분포의 도출이 가능한 Gaussian pressure transient(GPT) 기법을 활용하여 CO₂ 주입 시의 시간별 지층 공극압 분포와 예상 지층 용기량을 계산하였다. 먼저, 계산 기법의 신뢰성 확인을 위해 알제리 In Salah 필드의 지표 용기 측정값과 계산값을 비교하였다. 그 결과, 측정값은 각각 11개월, 20개월, 33개월 주입 시 10.2 mm, 15.0 mm, 14.4 mm이며 GPT를 통해 계산된 예측치는 33개월 동안 최대 14.2 mm로 나타나 1.4 %의 오차 이내로 지층 용기를 계산할 수 있음을 알 수 있었다. 같은 기법을 활용하여 포항 분지에서 공저압 14 MPa의 조건으로 CO₂를 주입 시 12개월 후 최대 24.4 mm의 용기가 발생하는 것으로 예상되었다. 용기를 완화시키기 위한 목적으로 공저압 5 MPa의 감압정을 추가 설치 시, 동일 기간 동안의 최대 용기 값이 18.5 mm로 나타나 용기가 24.2 % 완화됨을 확인하였다. 따라서, 안정적 CO₂ 주입 설계에 있어서 GPT의 적용성을 확인할 수 있었다.

사 사

이 논문은 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원을 받아 수행된 연구임 (2021060002, 디지털오일필드)

참고문헌

- [1] Weijermars, R., *Production rate of multi-fractured wells modeled with Gaussian pressure transients*, Journal of Petroleum Science and Engineering, 210, 110027, (2022)
- [2] Rinaldi, A. P., & Rutqvist, J., *Modeling of deep fracture zone opening and transient ground surface uplift at KB-502 CO₂ injection well, In Salah, Algeria*, International Journal of Greenhouse Gas Control, 12, 155-167, (2013)

자동차의 스티어링 시스템에 관련된 고장사례 고찰

이일권, 국창호, 이정호, 함성훈, 김지현, 이재강, 한승민, 황우찬, 장대천, 유충상
대림대학교 미래자동차공학과

A Study for Failure Examples Including with Steering System in a Car

Il Kwon Lee · Chang Hoo Kook · Jeong Ho Lee · Sung Hoon Ham · JiHyun Kim
· Jaegang Lee · SeungMin Han · WooChan Hwang · DaeCheon
Jang · ChungSang You

Department of Automotive Engineering, Daelim University College,

1. 서론

자동차는 도로를 운행하면서 구르는 바퀴를 조향해 주어야 하고, 이때 도로위를 이탈하지 않고 운행할 수 있도록 제어해 주어야 한다. 이러한 목적으로 만들어진 자동차의 제어장치가 조향장치(Steering system)이다. 이러한 조향장치는 초기에는 랙과 피니언이라는 기어와 기어의 맞물림에 의한 기계식의 방식으로 조향되었다. 이후 조향을 할때 안락하고 편리한 제어를 위해 유압유라는 유체를 순환시켜 그 압력(fluid pressure)을 이용하여 조향하는 유압식조향장치(Hydraulic steering system)가 개발되었다. 그리고 이러한 조향장치는 전자제어조향장치(Electronic power system ;EPS), 전기모터로 구동하는 방식도 적용되고 있다. 따라서 운전자가 자동차를 운전할 때 이러한 조향시스템 각부의 정확한 제어가 이루어져야 하고 고장이 발생되거나 하지 않아야 한다.

이 논문은 자동차의 조향장치에 관련된 시스템의 내구성부족이나 기계적, 전기전자적인 고장현상 등의 고장사례를 조사하고, 이를 분석하여 이에 대한 개선 및 연구 방향을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 조향장치(Steering system)의 개요

스티어링 장치는 운전자가 직접 조작하는 스티어링 휠(Steering wheel), 스티어링 휠의 회전을 스티어링 기어에 전달하는 스티어링 샤프트(Steering shaft)와 인터미디에트 샤프트(Intermediate shaft), 스티어링 기어(Steering gear)로 구성되어 있다 [1].

2.2 스티어링 시스템의 작동방법에 의한 분류

2.2.1 기계식 조향장치

이 장치는 유압이나 전기의 힘을 이용하지 않고 오직 기계적인 기어와 기어의 조합에 의해 운전자의 회전력을 이용한 조향력만으로 조향되는으로 최근에 이 장치가 적용되는 자동차는 생산되지 않고 있다.

2.2.2 유압식 동력조향장치

유압식 동력조향장치는 운전자가 조향장치를 작동할 때 유압유라는 유체의 작동력을 이용하여 작은 힘으로 조향장치를 작동하는 장치이다[2,3]. Fig.1은 자동차에 적용되는 유압시스템으 보여주는 것이다.

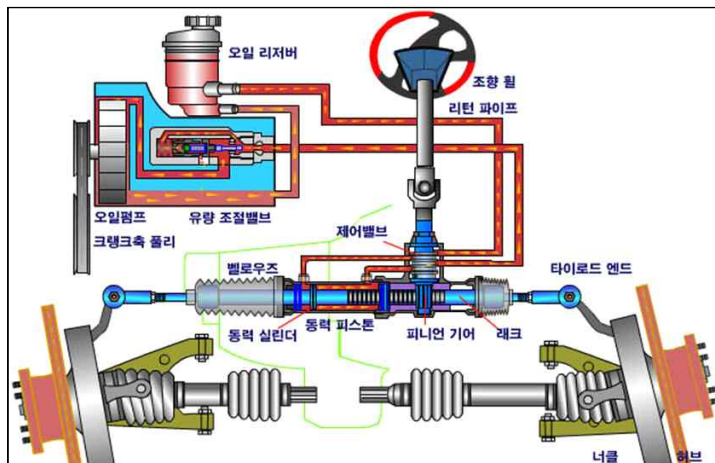


Fig. 1. 자동차에 적용되는 유압장치의 메커니즘

2.2.3 전동식 조향장치(Motor driven power steering:MDPS)

전동식조향장치는 유압을 사용하지 않고 전기 모터를 이용하여 운전자에게 가벼운 조향력을 제공하는 시스템이다. Fig.2는 전동식 조향장치의 사례를 보여주는 것이다.

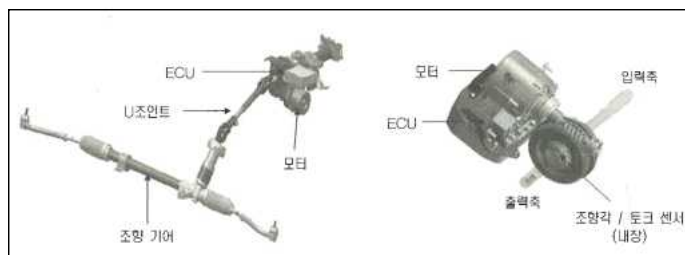


Fig.2. 전동식 조향제어 시스템의 사례

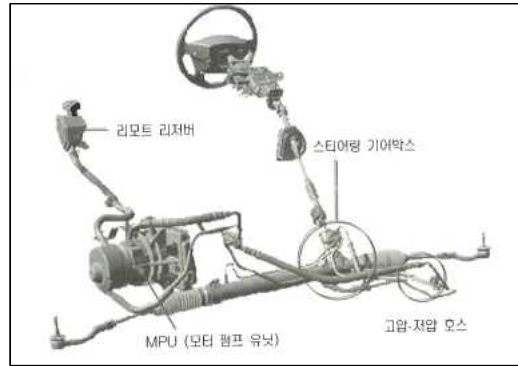


Fig.3. 전기유압제어 시스템의 사례

2.2.4 전기유압식 조향장치(Electro Hydraulic steering system :EHPS)

전기유압식조향장치는 엔진의 동력을 이용하지 않고 전기 모터의 회전에 의해 유압펌프가 작동되고 펌프에서 발생하는 유압을 조향 기어박스에 전달하여 운전자의 조타력을 보조하도록 되어 있다. Fig.3은 전기유압식조향장치의 구성도를 보여주는 것이다.

2.3 관련시스템 설명

2.3.1 스티어링 휠

자동차의 스티어링 휠은 림(rim), 스포크(spoke) 및 허브(hub)로 구성되어 있으며, 스포크나 림 내부에는 강철이나 알루미늄 합금 심으로 보강되고, 바깥쪽은 합성수지로 성형되어 있다.

2.3.2 경음기(horn) 와 클럭스프링

스티어링 휠의 허브에는 경음기를 작동시키는 스위치가 있으며, 경음기 어셈블리는 일반적으로 엔진의 전면부 냉각장치의 라디에이터 앞에 설치되어 있다.

2.3.3 유압스티어링 펌프

자동차 유압스티어링 펌프는 조향장치가 유압의 힘에 의해 작동할 수 있도록 유압을 발행하며, 엔진의 크랭크축에 회전력을 크랭크축에 장착되어 있는 풀리(pully)에서 유압스티어링 펌프풀리로 V벨트에 의해 전달한다.

3. 고장사례

3.1 스티어링 휠 떨림 및 소음관련 고장사례

1) 현상

자동차를 주행하는 동안 간헐적으로 휠의 떨림 현상 및 소음을 확인하였다.

2) 분석

컬럼샤프트를 점검한 결과 스티어링 휠의 떨림현상과 소음의 원인은 컬럼샤프트와 컬럼조인트의 위상 각도에 따라 엔진의 부하 및 축중조건 변화에 의해 반력작용으로 핸들의 고정부가 복합조건이 아닌 단독조립품으로 전달되어 이것이 공진현상으로 발생된 것으로 판단되었다. Photo.1은 자동차의 스티어링 장치를 보여주는 것이다.

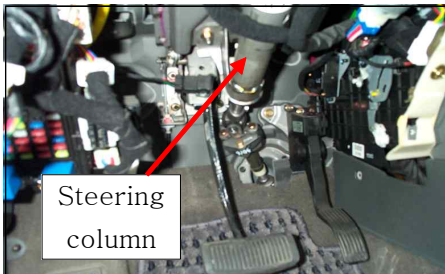


Photo.1. 자동차 스티어링 장치의 사례



Photo. 2. 클럭스프링의 파손된 사례

3) 고찰

스티어링 휠의 소음과 진동현상은 운전자가 운전중 자동차의 고장으로 오해할 수도 있다. 따라서 철저한 점검과 관리를 통해 이러한 현상이 발생되지않도록 해야한다.

3.2 주행중 간헐적으로 혼의 작동사례

1) 현상

자동차를 운행하던 중 간헐적으로 혼(horn)이 반복적으로 작동되는 현상이 발생되었다.

2) 분석

이자동차의 고장사례 원인은 클럭스프링의 변형으로 인해 클럭스프링이 파손되었고, 혼 스위치가 내장되어 있는 스티어링 휠의 상단부 에어백 모듈과 에어백 클럭스프링의 접촉면이 서로 마찰되면서 접촉불량으로 인해 혼이 계속 작동된 것으로 확인되었다. Photo .2는 클럭스프링의 파손된 사례를 보여주는 것이다.

3) 고찰

에어백이 장착되어 있는 스티어링 시스템은 스티어링 휠의 중심부에는 에어백 모듈과 클럭스프링 등이 장착된다. 이러한 시스템의 점검과 관리를 철저하게 해 고장

을 최소화해야 한다.

3.3 파워스티어링 벨트 소손으로 인한 조향장치 고장사례 발생

1) 현상

운전중에 핸들을 제어하기 위해 제어하였을 때 갑자기 핸들이 대단히 무거운 현상이 발생되었다.

2) 분석

이 사례의 원인은 텐서너의 접촉면과 벨트의 비정상적인 마멸에 의해 텐서너의 접촉면이 불균일한 마멸에 의해 손상되어 완전한 면접촉이 안되면서 단이 생기는 현상이 발생하였고, 이러한 현상이 벨트의 마멸을 증가시켜 벨트가 끊어진 것으로 확인되었다. Photo. 3은 텐서너와 벨트의 손상된 사례를 보여주는 것이다.



Photo. 3. 텐서너와 벨트의 손상된 사례

3) 고찰

시스템이 작동중 고장현상이 발생될 경우 운전자에게는 운전중 위험한 요인이 될 수 있다. 따라서, 운전자는 점검주기에 따라 고장현상이 발생하지 않도록 점검을 철저히 하고 이에 따른 차량관리를 하여야 한다.

4. 결론

1) 첫 번째 사례의 원인은 스티어링 휠의 컬럼샤프트와 컬럼조인트의 위상 각도에 따라 엔진의 부하 및 축중조건 변화에 의해 반력작용으로 공진현상이 발생된 것을

확인하였다.

2) 두 번째 사례의 원인은 혼 스위치가 내장되어 있는 스티어링 휠의 상단부 에어백 모듈과 클럭스프링의 접촉면이 서로 마찰되면서 클럭스프링이 손상된 것을 확인하였다.

3) 세 번째 사례의 원인은 텐서너의 접촉면과 벨트의 비정상적인 마멸에 의해 텐서너의 접촉면이 불균일한 마멸에 의해 벨트의 마멸을 증가시켜 벨트가 끊어진 것을 확인하였다.

5. 참고문헌

1. Hyundai, Kia Motor Company, “Automotive Construction”, 2010
2. Myungyoon Kim and Myungho Bae., etc, “New Auto Chassis”, golden Bell, 2005
3. Lee, I. K, et al., “Fault diagnosis of Automotive”, Sunhak, (2003)

국내 공해물질 배출총량 산정법의 타당성 검토 연구

하우석*, 이창언*, 조현석**

인하대학교 기계공학과*, 인하대학교 수소 기반 차세대 기계시스템 KIURI 연구단**,

A Study on Validity Review of Domestic Total Emissions Calculation Methods

Woo-Seok Ha*, Chang-Eon Lee*, Hyun-Seok Cho**

*Mechanical Engineering, Inha Univ.**

*KIURI Center for Hydrogen Based Next Generation Mechanical System, Inha Univ.***

요 약

국내의 대형 사업장에서 대기 상에 방출하고 있는 다량의 오염물질들은 배출허용기준 관리 방식과 배출허용총량 관리제를 통해 배출가스의 규제 및 관리를 실시하고 있다. 사업장별 배출허용총량의 산정 방법은 연료사용량과 배출계수를 이용하여 구하는 간접 측정 방법과 배출량(평균농도*적산유량)과 총 가동시간을 근거로 연간 배출량을 산정하는 직접 측정 방법의 두 가지 방식이 사용되고 있다.

환경규제에 사용되고 있는 각 규제치 및 배출계수 단위는 설비, 연료 그리고 공해물질의 종류에 따라 다양하며, 동일 단위일지라도 배기 중 산소 농도의 기준을 다르게 적용하고 있기 때문에 각 분야별 비교 평가에 있어서 대소 관계를 파악하기 어렵다. 또한 배출허용총량 산정방법 중 직접 측정방법은 유량 측정에서 오차가 발생할 가능성이 높기 때문에 공해물질 배출량은 측정된 산소농도를 이용하여 배기가스량을 통해 구하는 것이 적절하다. 그리고 질소나 공기를 추가적으로 희석하는 등의 복잡한 공정의 경우 공해물질 측정치를 표준 산소농도로 보정을 하면 공해물질의 배출총량이 실측보다 과대하게 산정이 되고 있다는 결과 해석의 오류를 범할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 배출지수의 상호환산법 정립하여 위와 같이 규제치 및 배출계수에 사용되고 있는 다양한 단위들의 대소 관계 파악하고 배출계수의 타당성을 검토하고자 한다. 또한, 연료 조성을 고려하고 산소농도를 이용하는 배기가스량 계산식을 정립하여 탄화수소계열의 연료 포함한 복잡한 조성의 연료를 사용하는 경우와 공정 과정에서 추가 희석을 하는 경우에도 대응이 가능한 배출총량 계산법을 제안하고자 한다.

연구 결과는 첫 번째로 한국, 유럽, 미국의 발전 시설과 산업·상업용 보일러 분야에 있어 각 연료별 배출계수들을 상호환산법을 통해 비교 검증을 실시했다. 그 결과는 한국의 배출계수들은 암모니아를 제외하고 유럽의 분류법과 동일한 기준으로 분류되어 있으며, 배출계수 수치들은 대부분 미국의 수치를 차용하고 있음을 알 수 있다. 특히, 한국의 NG의 NO_x 배출계수의 경우 측정치를 이용하여 산정한 후, 유럽, 미국 NG의 NO_x 배출계수와 비교하였을 때 발전 분야, 산업 및 상업용 보일러 분야 모두 유럽, 미국의 배출계수 수치들에 비해 과다 책정되고 있음을 확인할 수 있다. 유럽과

미국의 NO_x 배출계수는 NG의 값이 LPG와 비교하여 약 2배인 반면, 한국의 경우 약 6배이고, 산업 및 상업용 보일러 분야에서는 유럽과 미국의 NG의 값이 LPG의 약 1~2배인 반면, 한국은 약 4배 정도 과다책정이 되어 있다.

두 번째, 등가연료의 원소질량보존 화학반응식의 수정식을 제안하여, 산소농도와 연료 조성 및 회석가스 등에도 적용이 가능한 배기가스량 계산식을 정립하였다. 정립된 식을 통하여 현행 공해물질 농도 보정산식 유도가 가능하며 탄화수소계열의 연료뿐만 아니라 산소와 질소가 포함된 복잡한 조성의 연료들의 배기가스량 계산이 가능하다. NG의 경우 체적당 배출가스량을 산정함에 있어서 배기 중 산소농도를 이용하고 있으나, 본 연구에서 사용한 정확한 계산식보다는 공기비가 큰 영역에서 오차가 10%가 발생하는 간이 계산식을 사용하고 있음을 알았다.

3중효용 흡수식 냉난방기 상용화 및 보급효과

우성민, 이수용*, 변경원**

삼중테크(주) 기술연구소

The Commercialization Development and Suppling effect of Tripple Absorption Chiller&Heater

(Sung Min Woo), Su Yong Lee*, Kyeong Won Byun**

R&D Center of samjungtech Co. Ltd

요 약

최근 기후위기 문제와 탄소중립의 필요성이 글로벌 이슈가 됨에 따라 이와 관련된 기술개발이 어느때보다도 활발히 이루어지고 있다. 이중 도시가스를 이용하는 직화식 흡수식 냉동기는 냉방 및 난방시즌의 전력 집중현상 해소와 가스 및 전력 등 국가적 에너지 관리차원에서 매우 효과적인 수단이기에 현 수준이상의 보급 확대의 필요성이 더욱 증대되고 있으나, 현재 보급되고 있는 2중효용 직화식 흡수식 기술은 COP1.3에 정체되어 있어 향후 시장에서의 탄소감축 요구에는 한계를 드러내고 있었다. 이에따라 국내에서도 2015부터 3중 효용 가스 직화식 흡수식 냉난방기의 기술 개발에 착수하여, COP1.65 수준의 기술 상용화를 이루었고, 2022년 현재 제도적, 기술적 준비를 마치고 시장에 출시하고 있다. 본 연구에서는 3중 효용 흡수식의 개요 및 핵심 기술 내용과 보급 확대시의 에너지 절감 및 탄소감축효과에 대하여 소개하고자 한다.

개방형 가스온수기의 위험성 분석을 위한 실증 연구

이준희, 김완구, 최성원, 남성현, 오동석, 이철우

한국가스안전공사

A Study on the Risk Analysis of Open Type Gas Hot Water Heaters

Lee Junhee, Kim Wankoo, Choi Sungwon, Nam Sunghyun, Oh Dongseok,

Lee Chulwoo

Korea Gas Safety corporation

요 약

현재 개방형 가스온수기는 제조 및 설치 등이 금지되어 있으나, 2011년 개정 시행 이전에 제조 및 설치된 개방형 가스온수기로부터 지속적인 문제가 발생하고 있다. 개방형 가스온수기¹⁾는 온수기 주변의 실내 공기를 이용하여 연소하며 공기가 공급되지 않거나 연소가스가 원활하게 배출되지 않으면 불완전 연소가 발생하고 CO 농도가 증가하여 인명사고로 이어질 위험성이 있다.

온수기에서 CO가 발생하는 위험성 분석을 크게 4가지로 분류하여 진행 하였다. 1. 온수기 조정기의 조정압력 변화에 따른 연소특성, 2. 연료가스의 변경, 3. 연소시 필요한 공기비 변경, 4. 안전장치 변형으로 나뉘어 연구를 진행했으며 이에 따라 변화하는 CO량과 불꽃의 차이 등을 관찰했다.

위의 실증 연구를 통해 온수기의 A/S를 진행하고 있는 보일러 제조사 및 안전점검을 실시하는 도시가스사 등은 현재 온수기의 설치 현황을 가장 근접하게 파악할 수 있어 이들과 연구결과를 공유하고 협력하여 관련 업무 시 온수기에 대한 면밀한 안전점검 등을 통한 선제적 안전조치를 함으로써 사고를 미연에 방지할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 또한, 온수기에서 CO가 발생할 수 있는 다양한 시나리오에 대한 실증실험을 통해 도출된 데이터를 적극적으로 활용함으로써 실제 사고현장에서의 사고조사 업무 시 과학적인 접근을 통해 신속하게 사고원인을 규명할 수 있을 것으로 기대한다.

1) 개방형 가스온수기(이하 “온수기”라 한다.)

증상지식추론, 자동번역 및 음성인식 기반의 화학물질 취급 및 초기대응 정보 제공 다국어 대화형 AI

이훈기*, 신동일**

*명지대학교 재난안전학과, **명지대학교 화학공학과

Symptom knowledge inference, automatic translation and voice recognition-based multilingual interactive AI for chemical handling and initial response information

Hunggi Lee*, Dongil Shin**

*Department of Disaster and Safety, Myongji University

**Department of Chemical Engineering, Myongji University

요 약

국내 체류중인 외국인 근로자는 22만여 명이며, 매년 7천여 명의 외국인 산업 재해자가 발생하여, 그 산재 비율이 전체의 7%에 해당하기에, 내국인 근로자와 더불어 외국인 근로자 안전교육의 중요성 또한 증대되고 있다. 현재 가장 많은 외국인이 종사하는 제조업 현장에서는 다양한 화학물질이 사용되고 있으며, MSDS를 비치하여 근로자들에게 화학물질의 위험성, 취급 시 주의사항 등을 교육하여 사고를 예방하고, 사고 발생 시 적절한 대처가 가능하게 하고 있지만, 문서 형태로 현장에서 적시에 활용하기 어렵고, 외국인 노동자의 모국어로 제공되지 않기에 그 효율성 또한 떨어진다. 이에 본 연구에서는 제조업 현장에서 필요한 물질정보 제공과 능동적 지식습득을 지원하는 MSDS 탑재 정보 기반의 다국어 대화형 AI를 개발하여, 현장에서 적시에 접근 및 활용하기 어려웠던 기존 MSDS의 문제점을 해결하고자 하였으며, 동시에 외국인 근로자의 모국어 대화 기반으로 정보 탐색과 전달이 이루어지게 함으로써, 외국인 근로자의 안전지식 학습과 교육의 효율성을 높이하고자 하였다.

현재 개발된 시스템은 마이크로 웹 프레임워크인 Python Flask를 활용하여, 산업안전공단의 MSDS open API와 연동되는 자체 웹서버를 구축하였고, webhook을 통해 Dialogflow와 연동하였다. 현장에서 사용자가 현재 다루고 있는 화학물질과 관련된 질문을 스마트 기기를 통해 텍스트 또는 음성으로 입력할 경우, 입력된 문장에서 해당 물질의 텍스트를 추출하고, MSDS와 연동된 서버에서 해당 물질을 검색 후, 취급 시 주의사항, 사고 발생 시 초기대응 등의 데이터에서 사용자의 의도를 파악하여 원하는 정보를 텍스트, 음성 및 이미지의 형태로 생성해 출력한다. 또한 신체부위가 화학물질에 노출되어 증상이 발생한 상황이나 또는 증상 발생 상황을 가정하여, 원인 물질을 판별하고자 하는 경우, 증상들을 입력하면, 해당하는 물질을 추론해 출력하는 기능을 지원한다.

기존 방식인 지식그래프 기반의 증상지식추론을 통한 노출 화학물질 판별은

SPARQL 관련 전문지식이 필수였으나, 현재 시스템은 Google Dialogflow로 연동된 스마트 기기를 활용한 음성 및 텍스트 기반의 간단한 질의과정을 통해, 지식 그래프 탐색이 자동으로 이루어질 수 있도록 구현해 누구나 쉽게 사용할 수 있도록 개선하였다. 현재 버전에서는 영어, 중국어의 음성 서비스와 베트남어 등 기타 언어의 텍스트 기반 서비스를 지원한다. 번역 시스템은 구축된 서버 내에서 입력된 언어를 감지 후 해당 언어를 시스템의 default인 한국어로 번역 후 일련의 과정을 거쳐 입력된 언어로 재번역하는 과정을 통해 외국인 노동자의 모국어로 질의응답 전과정이 가능하도록 설계하였다. 제안 시스템은 문서 또는 강의 형식으로 진행되던 기존의 일방적인 안전교육방식과 달리 모국어 기반으로 스마트 기기와의 상호작용을 통해, 외국인 노동자에게 능동적인 학습과 지식 탐색 서비스를 제공하기에 외국인 근로자 대상의 안전교육 효율성 또한 제고시킬 수 있을 것으로 기대된다.

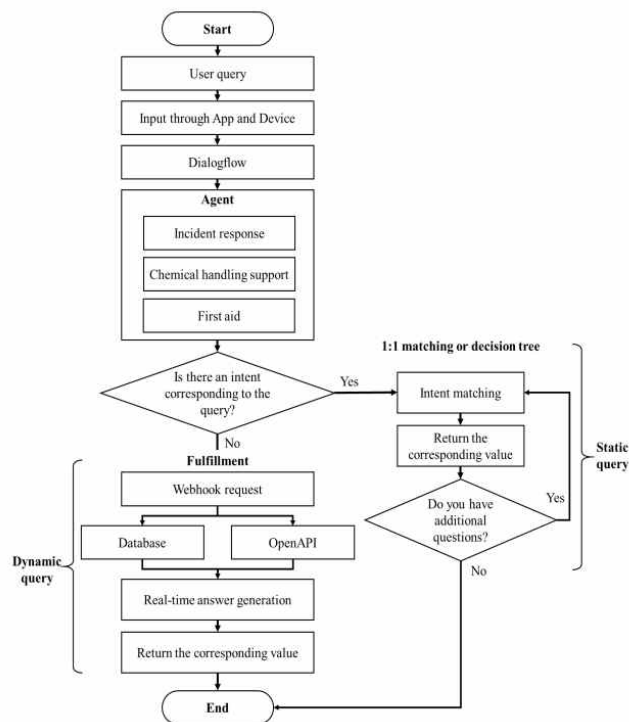


그림 9. 제안 시스템 flowchart

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 스마트 디지털 엔지니어링 전문인력양성사업(P0008475-G02P04570001901)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

공정 지식 추출 및 지식베이스 구축 기반 플랜트 안전운전 절차 생성 시스템

박명남

(주) 모박스

공정산업에서 안전과 신뢰성 관리를 위해선 체계적인 접근방식을 채택하는 것이 매우 중요하다. 이를 위한 전제조건은 운영과 유지보수의 제어와 지식표현으로 얻어진 다양한 운영절차의 유용성과 정확성이다. 온톨로지 기반의 공정정보 통합의 국제표준 ISO 15926과 공정온톨로지 OntoCAPE는 대표적인 플랜트 생애주기 관점에서의 엔지니어링 통합을 제안하고 있으나, 안전과 절차서 등의 지식기반 생성과정의 방향과 설정이 명확하지 않아, 안전 운전과 유지보수 등의 절차에 대한 언급이 부족하다. 본 연구에서는 현실적으로 약 80%의 공정 산업에 산재되어 있는 비정형 데이터들의 활용되지 못하거나, 소실되는 문제점을 보완하기 위해, 관련 문서로부터 지식을 추출하고 후처리를 통해 확장된 지식베이스 바탕으로 일련의 조업 절차서 생성을 하는 플랜트 안전운전 절차 생성시스템을 제안하였다. 전문가와 숙련 조업자에 의해 생성된 기술문서로부터 용어와 관계를 구분하고, 3-튜플의 그래프 베이스 네트워크를 구성하도록 하였다. 비정형화된 텍스트로부터 문장 추출, 단어들을 토큰화 하여 분할하고, 구문 추출을 통해, 규칙기반 구문 패턴 인식을 도출한다. 이러한 구조는 관계 추출(Subject-relation-Object)로 구성되며, 그래프 데이터베이스의 지식 그래프(node-arc-node)로 전이하여 표현된다. 오픈소스 편집기인 protege에서 description logic query로 cause-consequence의 관계를 확인하고, 이후 지식 후처리를 통해 실제 대상 공정 플랜트의 HAZOP 보고서와 생성된 인과관계 간의 비교를 통해 유효성을 확인하였다. 이를 통해 기계의 가동성과 동시에 유효성을 보장하게 되고, 지식의 확장 개념에서 일부 누락되거나, 필터링에 의해 소실된 데이터를 대체하게 되는 전문가 지식의 추가로 산출된 결과를 개선할 것으로 기대된다. 제안된 방법은 자동화된 결과물에 전문 영역인 공정 이상지식의 집합과 공정 특성지식 집합을 지식베이스화하여 구성한다면, 전 영역의 자동화를 통한 거대 공정 지식베이스 구축을 가능케 할 것으로 기대된다.

LNG 냉열을 이용한 액화공기 에너지 저장 시스템의 시뮬레이션 및 공정해석

윤문규, 이춘식, 염충섭
고등기술연구원

Process Analysis and Simulation for system of Liquid Air Energy Storage Using LNG Cold Energy

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

요 약

지구 온난화가 가속화 되고 있고 탄소중립에 대한 문제는 전 세계적인 관심사이며 온실가스 감축을 위한 많은 노력들이 이루어지고 있다. 특히 재생에너지의 발전 비율을 확대함으로써 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 액화천연가스(LNG) 저온 에너지 활용을 기반으로 하는 공기액화 시스템을 제안하고 에너지 및 엑서지 분석을 통해 제안된 시스템의 성능과 주요 매개변수의 영향에 대한 분석을 수행하였다. 독립형 LAES 시스템과 비교하여 제안된 시스템에서 냉열사용량의 감소로 더 높은 효율과 액화수율을 달성할 수 있었다.

후 기

본 연구는 한국기계연구원 주요사업 “대용량 액체공기 에너지저장 핵심기계기술 개발”의 지원으로 수행되었음. (NK237F)

암모니아 가용전식 안전밸브의 실효성 확인을 위한 연구

조혜진, 이민경*, 이재훈**

한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on the Effectiveness of Ammonia TPRD(Thermally-Activated Pressure Relief Device)

Hye-Jin Cho, Min-Kyung Lee, Jae-Hoon Lee

Institute of Gas Safety, Korea Gas Safety Corporation

요 약

2010~2021.6까지 암모니아 관련 사고는 38건, 용기 파열사고는 4건이 발생하였으며, 사고의 주요 원인은 안전밸브의 작동 불능으로 분석되고 있다. 이러한 용기 파열사고의 예방을 위해서는 암모니아 용기에 부착된 안전밸브인 TPRD에 대한 다각적 분석과 안전 확보 방안이 필요하다.

본 연구에서는 암모니아 용기에 부착된 가용전식 안전밸브의 충전량과 내부압력, 온도의 상관관계를 도출했다. 또한 용기에 작용하는 응력과 용기 재질에 따른 인장강도의 비교를 통해 해당 온도, 충전량에서의 용기 파열 여부를 분석하였다.

이를 바탕으로 암모니아 용기에 발생 가능한 과충전 시나리오를 작성하고 열물성 분석을 통해 TPRD의 적정 용융점을 도출하려 한다. 또한 제조사별 가용전식 안전밸브의 용융점 분석을 통해 가용전식 안전밸브의 실태를 파악하고 개선안을 마련하고자 한다.

인공지능 및 RBI 기술 연계형 스마트 가스사고관리시스템(GIMS) 개발

이우귀연, 홍승운*

한국가스안전공사 재난관리처

A Development of Smart Gas Incident Management System(GIMS) based on A.I - RBI Technology Convergence

Ugwiyeon Lee, Seung-un Hong*

Korea Gas Safety Corporation

요 약

본 개발은 인공지능 기술 집합을 통해 30년 이상 가스안전공사에 축적된 가스사고 데이터 활용을 극대화하고 기술적 장벽으로 접근이 어려웠던 빅데이터 분석기술과 사고분석 기술을 스마트 검색엔진 구현을 통해 극복하자는 취지하에 한국가스안전공사 재난관리처에서 2019년부터 진행되어 왔다. 총 3단계의 개발계획을 수립하여 개발을 추진 중에 있으며 1단계: 빅데이터 구축(~2021년), 2단계: A.I 플랫폼 구축(~2023년), 3단계: Smart U.I 구현 및 안전관리 자동화(~2025년)로 구성되어 있다.

1단계 개발은 30년간 가스사고 통계 및 사고조사보고서 DB화, 물질안전보건자료 DB화, 법령/KGS기준 DB화 등에 대한 가스사고 빅데이터 구축과 가스사고 검색 엔진, 빅데이터 기반 가스사고 통계 분석 엔진, 사고피해영향 분석 엔진, 물질안전보건자료 스마트 검색 엔진, 법령 및 KGS기준 검색 엔진 등 스마트 사고분석엔진 개발이 주요 목표이며 현재 1차 개발 완료된 상태이다. 1차 개발 시스템은 가스안전공사 내부 인트라넷망을 통해 웹 플랫폼 형태로 서비스가 제공되고 있으며 사용자 의견 수집을 통한 보완 작업이 진행 중이다.

2022년 3분기부터 2단계 개발이 본격적으로 착수될 예정이며, 시설데이터와 사고데이터의 결합을 통한 국내형 가스사고빈도데이터 구축, 사고피해영향 분석 엔진과 빈도데이터의 리스크 매트릭스 결합을 통한 ‘위험성평가자동화시스템’ 구축, 인공지능 알고리즘과 RBI 기술 결합을 통한 ‘사용자 개별 맞춤형 가스사고 위험 요소 제시 시스템’ 개발 및 기상, 지형, 환경, 사회 데이터 결합을 통한 ‘사고예측시스템 개발’ 등이 약 2년간 순차적으로 구현될 예정이다.

본 시스템의 최종적인 목적은 지능형 챗봇 기술과 음성인식모듈과의 결합을 통해 영화 ‘아이언맨’의 자비스와 같은 ‘통합적 가스사고관리 인공지능 매니저 시스템 구축’이며, 이와 더불어 드론, 로봇 등과 같은 물리적 장치와의 연계를 통해 가스시설 검사/점검, 사고관리, 안전관리 등에 대한 업무 자동화 기술을 마련하여 본격적인 인공지능형 가스안전관리 자동화 시대를 맞이하는 것을 지향한다.

디지털 전환 기반 몰입형 운전원 교육 프로그램(I-OTS) 개발

이준서, 장은희, 문명환, 마병철

전남대학교 화학공학과

Development of digital transformation-based I-OTS(Immersive - Operator Training Simulator)

Jun Seo Lee, , Eun Hui Jang, Myong Hwan Moon, Byung Chol Ma

Department of Chemical Engineering, Cheonnam National University

요 약

첨단 산업의 발달로 화학산업의 디지털 전환은 가속화되고 있으며, 공정설계, 모니터링, 공정최적화, 교육 시뮬레이터 등의 다양한 화학공정 분야에 첨단기술이 적용되고 있다. 이러한 디지털 전환에도 불구하고 화학사고는 꾸준히 발생하고 있으며, 화학사고 발생 시 신속하고 정확한 대응과정을 교육하는 운전원 교육 시뮬레이터(Operator Training Simulator, 이하 OTS)의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 디지털 트윈 기술과 증강현실(Augmented Reality, 이하 AR)기술을 접목한 몰입형 운전원 교육 시뮬레이터를 개발하여 인적오류로 발생하는 화학사고를 최소화하는데 그 목적이 있다. 연구 방법은 다음과 같다.

- i) 저장탱크, 고압용기 등의 고정장치와 펌프 등 회전장치를 포함한 범용적 화학설비에 대해 교육할 수 있는 교육용 공정을 선정하고 시뮬레이션한다.
- ii) 국내 화학사고를 분석하여 교육용으로 활용할 화학사고 콘텐츠를 선정 및 개발하고, 국내·외 관련 자료를 분석하여, 화학사고 대응 시나리오를 개발한다.
- iii) 시뮬레이션한 교육용 공정을 바탕으로 Pilot plant를 설치한 후, 가상의 환경에서 Pilot plant를 제어할 수 있는 디지털 트윈을 구축한다.
- iv) 분산제어시스템(Distributed Control System, 이하 DCS)을 조작하는 제어실 운전자와 현장 매뉴얼 설비들을 조작하는 현장 작업자가 상호협력할 수 있도록 교육 시스템을 구성하고, AR 기술을 도입하여 교육의 현장감과 몰입감을 제고할 수 있는 OTS를 개발한다.

본 연구는 기존에 개발된 OTS와는 달리 교육생들과의 긴밀한 상호협력력이 가능하고, 화학설비를 직접 보고 조작할 수 있으며, 이는 화학공정 운전자들의 운전 능력 및 공정 트러블 해결 능력을 크게 높여, 작업자 부주의로 인한 화학사고를 예방할 수 있을 것으로 판단한다.

F발표장

F-1	· 주제: 일반세션. 안전환경 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 13:00-15:00
F-2	· 주제: 일반세션. 수소 및 신재생가스/정책 · 일시: 2022년 5월 26일(목), 15:10~16:55
F-3	· 주제: 일반세션. 수소 및 신재생가스(수소생산/수소활용) · 일시: 2022년 5월 27일(금), 09:00~12:40

화학사고 통계분석을 통한 사고조사 대상 선정기준 마련 연구

박춘화, 남근우, 김병훈, 황승을
화학물질안전원 사고대응총괄과

A Study on the Selection Criteria for Accident Investigation through Statistical Analysis of Chemical Accidents

Choonhwa Park, Gnu Nam, Byunghoon Kim, Seunryul Hwang
National Institute of Chemical Safety

요 약

매년 수십여건의 화학사고 발생으로 원인규명을 통한 재발방지 대책 마련이 필요하다. 원인조사 시 최소 3~4개월이 소요됨에 따라 우선순위를 고려한 조사대상 선정이 필요한 실정이다. 이에, 원인조사 우선대상 선정기준을 마련하여 화학사고 발생 시 조사대상 여부를 신속히 판단하여 사고조사를 실시할 수 있는 체계마련이 필요하다. 본 연구에서는 화학사고 세부유형, 사고다발 여부, 중·소규모 취약사고 등을 검토하여 우선 조사대상 선정기준을 마련하고자 한다. 대상 선정 시 사고원인이 명확한 단순 누출사고 등은 제외하되, 예방대책 및 제도개선 사항 도출이 필요한 사고유형 위주로 선정대상 기준을 검토하였다. 화학사고 통계자료를 활용하여 과거 8년('14~'21년)간 총 676건의 화학사고에 대해 사고유형, 사고원인, 월별분석, 물질분석, 사고설비에 대한 분석을 실시하였다. 먼저, 유형별 분석결과 유·누출 사고가 518건(77%), 화재·폭발 87건(13%), 반응 39건(6%), 복합사고 31건(4%) 등으로 발생하였다. 원인별 분석 결과 시설관리 미흡 271건(40%), 안전기준 미준수 259건(38%), 운송차량 사고 138건(20%)이 발생하였으며, 시설관리 미흡으로 인한 이상반응 사고(15%)는 화재·폭발·누출사고를 동반하며 대부분 원인미상 사고로 처리(74%)되어 사고재발 위험이 상존하는 바, 재발방지를 위한 조사가 필요한 유형으로 판단된다. 월별 분석 결과 해빙기(2~3월, 9%~)이후부터 점차 상승하여 7~8월(26%) 화학사고 발생이 급증하고 9월(7%~) 이후 저하되는 추세를 나타내고 있다. 고온·다습한 7~8월 사고의 원인 분석 시 시설관리 미흡이 사고증가의 핵심으로 기여하였으며, 특히 파손, 부식/균열이 주요 원인으로 확인되었다. 화학사고 676건 중 염산(염화수소) 90건(13%), 암모니아 73건(11%), 질산 74건(11%), 황산 67건(10%), 포르말린 22건(3%) 순으로 발생하였다. 21년에 발생한 화학사고 92건에 대한 세부 사고설비 분석결과 배관(16건, 17%), 탱크로리(13건, 16%), 밸브·플랜지(12건, 14%) 순으로 발생하였다. 이러한 화학사고 통계조사를 바탕으로 사고조사를 통해 재발방지 대책 마련이 시급한 범주를 ①부식성 물질로 인한 밸프스 누출, 부식/균열사고 등 반복사고, ②혼합, 교반 등으로 인해 발생한 이상반응 사고, ③화재·폭발, 누출·화재·폭발이 동반된 복합사고 유형으로 선정하되 사고상황·사고규모·피해현황·현장의견 등이 종합적으로 검토하여야 한다.

플랜트 폭발설계하중 분포 및 정량적위험도 분석도구 개발

김성훈, 방부형*, 김홍민**

네레이드안전컨설팅, *경기과학기술대학교, **테크에버

Development of a Tool for Dimensioning Explosion Load Distribution and QRA over a Plant

Sung-Hoon Kim, Boohyung Bang*, Hongmin Kim**

Nereid Safety Consulting, *Gyeonggi University of Science And Technology,
**Techever

요 약

플랜트는 많은 요소들(Elements) -구조물, 장비, 건물 등-로 이루어져 있는데, 이들 중 일부는 안전에 중대한 (Safety-critical) 역할을 한다. 어떤 요소들은 1차 사고로 손상이 되면 더 심각한 2차 사고를 유발할 수 있으므로 1차 사고를 견딜 수 있도록 설계 및 관리가 되어야 하고, 다른 어떤 요소들은 1차 사고를 제어하기 위한 특별한 기능을 가지므로 1차 사고에 의해 손상되지 않아야 한다. 플랜트에서 발생 가능한 사고의 특성을 고려하여 안전중대요소(Safety critical element, SCE)들을 식별하고, 이들이 달성해야 할 성능 기준(Performance Standard PS)을 확립-문서화하여 플랜트 수명 동안 적절하게 관리하는 것이 안전관리 시스템의 본질적인 역할이자 방향이다. 플랜트에서 안전을 확보하기 위해 갖추어야 할 중요한 성능 중의 하나는 폭발 사고를 견딜 수 있는지 여부인데, 이는 SCE들이 받을 수 있는 폭발 하중을 추정하고 실제로 이 SCE들이 하중을 견딜 수 있는지 평가함으로써 확인할 수 있다.

본 연구는 석유화학 플랜트 프로젝트에 사용되는 확률적 접근법을 활용하여 플랜트에 분포된 다양한 SCE에 적용할 수 있는 폭발 하중을 간단하고 신속하게 추정할 수 있도록 개발되고 있는 소프트웨어를 소개하고자 한다. 본 소프트웨어는 플랜트를 구성하는 다양한 장비의 누출빈도와 플랜트 특성을 고려한 점화확률을 이용해 사건수분석 (Event tree analysis)을 수행하고 폭발사고의 발생빈도를 추정하며, 누출-폭발 연구모델을 활용해 플랜트 각 지점에 작용할 폭발하중을 누출원과의 거리를 이용해 계산한다. 이 두 결과를 조합하여 플랜트 각 지점에서 예상되는 확률적 폭발하중을 유도할 수 있다. 각 지점에서의 결과를 조합하면 플랜트 내부에서 예상되는 확률적 폭발하중의 분포를 등고선으로 표현할 수 있다. 확률적 폭발 하중 등고선은 강한 폭발 하중이 예상되는 지점을 프로젝트 초기에 직관적으로 식별할 수 있도록 해 줌으로써 플랜트 설계 및 운영관리에 중요한 정보를 제공할 수 있다. 확산 모델과 제트화재 모델을 추가로 고려하여 정량적 위험도 등고선을 작성할 수 있다.

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 22RMPP-C163162-02).

Xe/Kr 생산을 위한 극저온 공정의 위험성 평가

이근원*, 안광재, 손남정, 정승호*, 전상훈**

아주대학교 환경공학과, *아주대학교 환경안전공학과 교수, **티이엠씨(주)

Risk Assessment of Cryogenic Process for Xe/Kr Production

Keunwon Lee*, Gwangjae Ahn, Namjeong Son, Seungho Jung*,
Sanghoon Jeon**

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

요 약

극저온 공정은 초저온과 고압 등 가혹한 운전조건으로 인해 잠재 위험성이 높아 예상치 못하는 위험을 야기시킬 수 있다. 사고 가능성을 살펴보면 물리적 폭발, 화학적 폭발 뿐만 아니라, 작업자가 극저온 물질에 노출시 동상(cold burns), 질소 같은 불활성 기체의 누출 시 산소결핍 위험성, 산소의 누출 시 화재의 위험성 등이 있다. 극저온공정과 관련된 공정 및 플랜트를 설계할 때, 공정안전에 대한 고려는 매우 중요하며 상업생산의 연구 개발 단계에서 위험성 평가 연구가 함께 이루어져야 한다.

본 연구는 극저온공정 개발에 따른 사고 예방과 발생할 수 있는 사고 시나리오에 대한 결과분석을 수행하고자 한다. 정성적 위험성 평가를 HAZOP Analysis를 이용하였고 정량적 위험성 평가를 Phast(Process Hazard Analysis Software Tool)를 이용하여 LOX(Liquid Oxygen)배관 손상으로 인한 산소 누출을 영향 평가하였다. 각 구간별로 HAZOP기법을 이용하여 위험등급을 빈도, 강도를 기준으로 Matrix를 완성하였다. 액체산소 배관에서 누출된 초과 산소는 공기 중의 산소와 함께 산소 농도를 높여 화재가 매우 쉽게 발생한다. 국내 KOSHA의 밀폐공간 재해 예방 가이드라인과 미국 OSHA에서는 전체 산소 농도 23.5%를 밀폐공간의 출입제한 기준으로 삼도록 하고 있다. 초과 산소 및 전체 산소와의 관계식과 시나리오를 활용하여 시뮬레이션을 실시하여 3.23%의 산소가 도달하는 안전거리를 구하였다.

- 본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0012787, 산업혁신인재성장지원사업)
- 본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행된 연구임 (20010487, 소재부품기술개발사업)

인화알루미늄 폭발 원인 분석 및 개선 대책 연구

남근우, 박춘화, 김병훈, 황승을
화학물질안전원 사고대응총괄과

A Study on Explosion Cause Analysis by Aluminium Phosphide and Their Countermeasure

Gnu Nam, Choonhwa Park, Byunghoon Kim, Seunryul Hwang
National Institute of Chemical Safety

요 약

유·누출, 화재·폭발 등 화학사고는 매년 수십 건 발생한다. 그 중에서도 폐기물 업체에서 화재·폭발로 인한 사고가 매년 발생하고 있으며, 폐기물의 경우 물질의 성분 확인이 어려워 사고 발생 원인을 정확히 규명하고 사고 재발방지를 위한 개선 대책 연구가 매우 중요한 상황이다.

본 연구는 혼증제의 소재인 인화알루미늄의 폭발 위험성을 확인하고 해당 위험성을 개선하기 위한 가이드를 제시하였다. 인화알루미늄은 물과의 급격한 반응성을 띄는 물질로써 본 연구에서는 인화알루미늄의 특성, 폭발 가능한 조건, 폭발 원인 등에 대해 조사하였다. 또한, 화학반응식을 통해 물과의 반응에서 발생할 수 있는 부산물 및 그 위험성에 대하여 분석하였다. 뿐만 아니라 이러한 인화알루미늄 폐기물로부터 발생하는 화학사고의 재발방지를 위해 인화알루미늄의 보관, 처리 등의 방법을 제시하였다.

세정방식에 따른 휘발성 유기화합물의 회수특성

전동환, 민흥기, 정석우, 박훈민*, 윤달환**
고등기술연구원, (주)이엠솔루션*, 세명대학교**

Recovery Characteristics of Volatile Organic Compounds According to the Scrubbing Methods

Jeon Donghwan, Jung Seokwoo, Min Hungki, Park Hoonmin*, Yoon Dalhwan**
Institute for Advanced Engineering, Emsolution Co.,Ltd, Semyung University***

요 약

대기오염물질 제어 방법의 하나인 세정방식은 기체상태의 오염물질을 세정액(흡수액)을 사용하여 흡수제거하는 방법이다. 세정방식은 처리비용이 저렴하고 집진이나 가스의 냉각이 가능한 장점이 있으며, 대부분 세정수로 물을 사용하므로 오염가스의 물에 대한 용해도가 설계에 중요한 요인으로 작용한다. 세정방식의 흡수장치로는 용해도가 큰 가스의 경우 충전탑, 살수탑, 벤투리 스크러버와 같은 액분산형 흡수장치가 사용되며, 용해도가 적은 가스의 경우에는 다공판탑, 기포탑과 같은 가스분산형 흡수장치가 사용된다. 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs)은 1기압 250℃ 이하에서 최소 비등점을 가지는 유기화합물이며, 상온·상압조건에서 쉽게 증발되는 액체 및 기체상 유기화합물로 정의되고 있다. 휘발성 유기화합물에는 아세톤과 같은 친수성 물질과 톨루엔과 같은 소수성 물질로 구분할 수 있는데, 석유화학공정, 인쇄, 도장공정에서 배출되는 소수성 유기화합물은 촉매산화 또는 연소산화 방법을 이용하여 처리하고 있고, 저농도 배출가스의 경우에는 흡착 후 재생과정에서 배출되는 가스를 상기 방법을 이용하여 제거하고 있다. 이러한 방법은 산화과정에서 필연적으로 온실가스인 이산화탄소가 생성되기 때문에 지구온난화문제 해결방안의 하나인 탄소 배출저감을 위해서는 배출되는 휘발성 유기화합물을 회수하여 재이용하기 위한 기술이 요구된다.

본 연구에서는 휘발성 유기화합물을 회수한 후 연료로 사용하거나 공정에 재이용을 목적으로 5,000 ppm 이상의 농도를 갖는 가스상 휘발성 유기화합물을 액분산형 세정방식과 기포탑 세정방식을 이용하여 회수특성을 비교하였다. 흡수액의 온도는 5~15℃로 제어하였으며, 휘발성 유기화합물의 농도, 세정수 공급 유량, 처리가스 유량 변화에 따른 회수 특성을 확인하였다.

사사 : 본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (NO. 20017234)

3D CFD 기술을 적용한 폭발사고 원인규명 사례 연구

김병훈, 박춘화, 남근우

화학물질안전원

Investigation Case of Cause of a VCE Accident using FLACS CFD

Byounghoon Kim, Chunhwa Park, Gnu Nam

National Institute of Chemical Safety

요 약

최근 반도체 및 LCD 등 첨단산업에서 화학물질 이상반응을 동반한 작업자 부주의에 의한 사고가 누출, 폭발, 화재 등 여러 형태로 발생하였다. 첨단산업군에서 복합적인 원인으로 발생하는 화학사고는 공정해석 및 현장증거에 의존한 기존 사고조사 방법으로 사고원인을 명확하게 규명하는데 한계가 있다.

본 연구에서는 실제 화학사고가 발생한 사업장의 사고원인을 공정해석을 통해 사고 전개과정을 추정하였고 사고현장을 3D 스캔 기술을 활용하여 정교한 3D CAD 모델로 사고현장을 재현하고 RANS(Reynolds-averaged navier-stokes) 솔버를 활용한 유한체적해석 프로그램인 FLACS 시뮬레이터를 활용하여 누출, 폭발 증기운 형성량 및 형성 과정, 증기운 폭발로 인한 폭발압력 전파과정을 도출하여 FLACS 시뮬레이션 결과와 사고현장 및 인접지역의 피해결과에 대한 비교·분석을 통해 폭발사고의 단계적인 발생원인을 규명하였다.

화학사고 원인조사 시 본 사례에서 적용한 FLACS 3D 시뮬레이션 활용 기법은 향후 유사 화학사고의 발생원인을 조사하는데 활용 할 수 있을 것이다.

LNG터미널의 폭발 시뮬레이션 방법론에 따른 폭발영향 분석

박소민, 안광재, 민미미, 이근원*, 정승호*, 방부형**

아주대학교 환경공학과, *아주대학교 환경안전공학과,

**경기과학기술대학교 에너지시스템과

Analysis of Explosion Effect by Explosion Simulation Methodology in LNG Terminal

**Somin Park, Gwangjae Ahn, Mimi Min, Keunwon Lee*, Seungho Jung*,
Boohyoung Bang**

Department of Environmental Engineering, Ajou University,

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

***Department of Science and Technology, Gyeonggi University*

요 약

우리나라에는 전국에 걸쳐 제철, 화력, 석유 가스 등 다양한 플랜트 시설물들이 있다. 이러한 플랜트 시설물은 화재, 폭발, 지진으로부터 노출되어있고 본 연구에서는 그중에서도 메탄가스누출 및 폭발의 정량적 예측에 관하여 연구를 진행하였다. 액화 천연가스 즉 LNG는 메탄을 주성분으로 하는 가스를 냉각시켜 액화한 것으로 발열량이 매우 높고 비중이 공기보다 낮아 일상적으로는 폭발이 일어나기 어려운 것으로 알려져 있다. 그러나, 누출이 발생해 공기와 혼합하게 되면 화재나 폭발이 일어나기 쉬우므로 안전에 주의해야 한다.

본 연구에서는 LNG 플랜트에서 가스 누출로 인해 발생이 될 수 있는 다양한 폭발영향을 방법론에 따라 어떠한 차이가 있는지 분석하였다. 연구 대상으로는 LNG 저장/기화 송출설비를 대상으로 수행하였으며 해당 터미널은 200,000 LNG Tank 3 Sets와 450,000ton LPG Tank 1 Set의 저장 설비와 490 Ton/h 기화 송출설비 크기를 갖는 것으로 가정하였다. 이러한 가스 누출 및 폭발에 관한 대부분의 연구는 TNO 멀티 에너지 방법론을 이용하여 진행되고 있으나 해당 방법론의 경우 Uniform confined의 밀집도가 적용된 것으로써, 폭발지점에서 TNT와 같이 폭굉이 발생한 것으로 가정된 식을 이용하여 결과값이 굉장히 높게 측정된다. 그러나 실제 플랜트에서는 밀집된 상황이 아니므로 이렇게 높은 폭발과압은 발생하지 않는다. 따라서 해당 방법론이 아닌 또 다른 방법론인 BST 방법론을 활용하여 폭발영향 분석을 하였다. 폭발 시뮬레이션 방법론에 따른 폭발 영향의 차이를 관찰하기 위해 가상의 폭발 시나리오를 가정하였고 시뮬레이션을 위해 DNV사의 Phast를 사용하여 결과값을 분석·고찰하였다.

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호 22RMPP-C163162-02)

CFD 프로그램을 활용한 용·복합 충전소 저장설비 지하화에 따른 안전성 확보에 관한 연구

이관우*, 강찬규*, 박병직*, 김상현**
한경대학교, 동양대학교

A Study on Safety about underground storage facilities at complex charging station using CFD Program

Kwan-woo Lee, Chan-Kyu Kang, Byoung-jik Park, Sang Hyun Kim

Department of Safety Engineering, Hankyong national university,*

*Department of Smart Safety Systems, Dongyang University***

요 약

국내에서는 2019년 수소 경제 로드맵을 발표하여 수소 자동차 및 수소 충전소 보급 등 인프라 확산을 목표로 하고 있다. 그러나 신규 수소 충전소 건설을 위해서는 막대한 건설 비용과 적합한 부지를 선정하는데 어려움이 있다. 이에 따라 산업통상자원부는 기존의 충전 인프라를 활용하여 기존 연료 공급 시설 내에 용·복합 충전소를 건설하고자 고시 제 2016-130호 ‘용·복합 및 패키지형 자동차 충전소 시설 기준 등에 관한 특례기준’과 같은 법규를 제정하였다. 수소는 고압의 용기에 기체 및 액체 형태로 저장 및 운반이 되고 낮은 에너지에도 점화가 쉽게 일어나며, 가스 누출 시 매우 넓은 가연 범위로 화재·폭발이 발생 할 수 있다. 또한 용·복합 충전소에서 수소 화재·폭발 시 LPG, LNG, CNG 등 다른 충전시설에 영향을 주어 연쇄폭발의 가능성도 있기에 이에 대한 안전성 확보를 위한 연구가 필요하다.

이에 따라 수소 충전소 저장설비를 CFD 프로그램을 통해 지하화 하였을 때의 화재 및 폭발에 의한 범위 및 영향을 분석하고자 한다. 먼저 수소의 특성을 확인하고 미국 Sandia National Laboratory에서 작성한 SAND2009-0874 (2009)를 참조하여 수소 저장 설비의 취급량·압력·누출 크기 등을 활용하여 폭발 시 피해 영향 범위를 예측·비교하였다. 또한 수소 관련 폭발 실증 연구를 토대로 기준을 잡아 CFD 프로그램 시뮬레이션에 적용 및 비교·검증하였다.

이에 본 연구는 수소 충전소 저장설비 지하화에 대한 안전성 검토 및 안전 기준을 마련하기 위해 시뮬레이션과 실증연구 비교·검증을 통해 분석하고 용·복합 충전소 보급 활성화를 위한 안전성 확보 근거 데이터를 마련하고자 한다.

Key words 용·복합 충전소, 지하화, 수소 폭발, 안전설계

바이오가스 이용 그린수소 마더스테이션 실증 및 상업 운영

송형운, 장은석, 홍기훈

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

Green Hydrogen Mother Station Demonstration and Commercial Operation using Biogas

Hyoungwoon Song, Eun Seok Jang, Gi Hoon Hong

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 이산화탄소를 비롯한 온실가스 배출량은 지속적으로 증가하고 있어, 지구온난화를 해결하기 위해서 탄소중립과 그린수소는 매우 주요한 이슈가 되고 있다. 따라서, 음식물류폐기물과 같은 유기성폐기물을 혐기처리하는 과정에서 발생하는 재생에너지원인 바이오가스를 이용해서 그린 수소를 생산하고 이를 수소모빌리티에 활용하는 것은 이산화탄소 배출량을 비롯한 오염원을 혁신적으로 줄일 수 있다. 국내는 풍력 및 태양광발전에 잉여에너지를 활용해서 수전해를 통해 그린수소를 생산하는 실증 연구는 진행되고 있지만 본 연구와 같이 재생에너지원인 바이오가스를 이용해서 그린수소를 생산하고 보급하는 상업 운영 사례는 최초이다. 본 그린수소 마더스테이션은 제조식 수소충전소로 생산된 수소를 수소차 충전뿐만 아니라 튜브트레일러 충전을 통해 인근 저장식 수소충전소에 공급함으로써 수소충전소 운영율을 90%이상 유지하여 자립형 상업운전을 추진하고자 한다.

Keywords: 바이오가스, 그린수소, 마더스테이션, 공정설계, 상업운전

농업부산물 기반 반탄화 및 가스화 연계 SOFC 열병합발전 시스템의 통합공정 설계 및 실증설비 구축

홍기훈¹, 장은석¹, 황상연¹, 엄성현¹

¹고등기술연구원, 17180 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로 51번길 175-28

Study on Process Modeling of SOFC Cogeneration System with 0.3 ton/d-Class Gasification Experiment based on Agricultural By-products

Gi Hoon Hong¹, Eun-Suk Jang¹, Sangyeon Hwang¹ Sunghyun Uhm¹

¹*Institute for Advanced Engineering, 175-28, Goan-ro 51 beon-gil, Baegam-myeon,
Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17180, KOREA*

요 약

최근 탄소중립 에너지인 신재생에너지, 수소에너지 등 생산 및 활용기술이 많은 관심을 받으며 실증화 연구가 빠르게 진행되고 있다. 특히 주로 경유 및 등유 등 화석 연료를 난방과 농작물의 생산촉진을 위한 이산화탄소 공급에 사용하는 국내 농가의 온실가스 저감을 위해 농업부산물을 통한 고부가가치 에너지원 생산기술 연구가 대두되고 있다. 아울러 농업의 접적화를 위해 전기 사용량이 많은 스마트팜이 도입되고 있어 탄소중립과 동시에 효율적인 전기에너지 사용을 모두 만족하는 농업용 에너지 자립 시스템의 개발이 요구되는 실정이다.

본 연구에서는 상기한 농업용 에너지 자립 시스템 개발의 일환으로 농업부산물의 반탄화를 통한 연료화 및 가스화와 연계하여 SOFC의 열병합발전 시스템의 원료로 공급하는 통합공정을 설계하고 이를 실증을 위한 설비 구축을 진행하였다.

keyword: SOFC 열병합발전, 농업부산물, 반탄화, 가스화

액체수소 이송을 위한 배관의 Cool-down 해석

이창열, 심정연, 이정호

에이블맥스(주)

Cool-down Analysis of Pipe for Liquid Hydrogen Transportation

Changryeol Lee, Jeongyeon Shim, Jungho Lee

AbleMAX Co.,Ltd

요 약

수소는 연소시 물만 배출하는 청정에너지이며, 기체나 액체 형태로 저장이 가능하다. 이러한 수소를 효율적으로 활용하기 위해서는 저장 및 수송이 중요하다. 기체수소를 액화하면 기체수소에 비해 부피가 800배 감소하여 저장 및 수송 효율이 증가한다는 장점이 있지만 액체 상태로 사용하기 위해서는 -253° 의 낮은 온도를 유지해야 한다는 단점이 있다. 배관을 통해 액체수소를 이송할 경우 적절한 Cool down이 이루어져야 한다. 본 논문에서는 상용 해석소프트웨어인 Thermal Desktop을 사용하여 운전조건에 따른 Cool down 시간을 계산하였으며, 액체질소를 사용한 실험 결과와 비교하여 프로그램을 검증하였다. 이를 바탕으로 액체수소 이송을 위한 배관의 Cool down 시간을 예측하였고, 적절한 Cool down 절차를 수립하는데 활용될 수 있다.

Abstract - Hydrogen is clean energy that exhausts only water during combustion, and can be stored in the form of gas or liquid. Storage and transportation are important in order to efficiently utilize such hydrogen. Liquefaction of gaseous hydrogen give the advantage of 1/800 times in volume, increasing storage and transportation efficiency, but it has the disadvantage of maintaining a low temperature of -253° to be used in liquid state. When transporting liquid hydrogen through a pipe, an appropriate cool down must be performed. In this paper, the cooling down time according to operating conditions was calculated using Thermal Desktop, a commercial analysis software, and the program was verified by comparing it with the experimental result using liquid nitrogen. Based on this, the cooling down time of the pipe for liquid hydrogen transport was predicted and it can be used to establish an appropriate cool down procedure.

Key words : Cryogenic fluid, Transportation, Liquefied Hydrogen, Hydrogen, Nitrogen, Liquid, LH₂, LN₂, Cool down

천연가스 배관 내 수소 혼입 이송 유동 안정성 위험 평가 및 관리

사정훈

동아대학교 화학공학과

Risk evaluation and management for natural gas/hydrogen pipeline transportation

Jeong-Hoon Sa

Department of Chemical Engineering (BK21 FOUR), Dong-A University

요 약

탄소중립 위기에 대응하기 위해 청정 에너지원인 수소를 활용하고자 하는 수요가 꾸준히 증가하고 있으나 낮은 에너지 밀도로 인해 안정적인 저장 및 이송 기술의 개발이 절실하다. 액화 및 압축 기술이 적용 가능하나 극저온 냉각 및 단열 문제, 용기 선정, 기화 손실, 폭발 위험 등의 문제점이 뒤따른다. 이에 비해 배관 이송은 고정된 수소 공급 및 수요처에 대해 경제적인 기술이지만, 취성 문제를 극복하기 위해 수소 전용 파이프라인을 신규 건설 및 운영하는 것은 비용 측면에서 합리적이지 않다. 이에 기존 천연가스 배관에 수소를 혼입하여 활용하는 기술이 제안되었으나 운전 중에 발생할 수 있는 다양한 위험 요소에 대한 면밀한 검토가 필요하다. 본 발표에서는 천연가스/수소 혼입 배관 내 유동 안정성 위험 요인(하이드레이트 형성, 열역학적 물성 변화, 취성, 화재, 누출 등)을 분석하고 논의한다. 또한, 고압 다상유동 모사 실험 장치인 Rock-flow cell을 활용해 실제 천연가스/수소 혼입 환경에서 하이드레이트 형성으로 인한 위험 요소를 평가하고 이를 적절하게 관리하기 위한 전략을 제안한다.

수소충전소용 유량제어밸브(FCV)의 구조 및 피로 해석

최인호, 김재형*, 정경현*, 최주혜*, 김한상*

가천대학교 일반대학원, *가천대학교 기계공학과

Structure and Fatigue Analysis of Flow Control Valve (FCV) for hydrogen Station

Inho Choi, Jae Hyung Kim*, Kyung Hyun Chung*, Joohye Choi*, Hansang Kim*

*Graduate School of Gachon Univ., *School of Mechanical Engineering Gachon*

Univ., 1342, Seongnam-daero, Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do,

Republic of Korea

요 약

현재 환경문제로 인한 화석연료에 대한 규제가 심화되고 있으며, 탄소 중립 실현을 위하여 화석연료의 사용을 줄이고 친환경 에너지의 수요는 증가하는 추세이다. 국내에서는 수소연료전지 자동차의 보급 확대에 충전소의 인프라 구축이 증가하고 있다. 하지만 수소충전소의 부품의 국산화가 이루어지지 않아 수입품에 의존하고 있으며, 이는 구축비용의 문제로 이어진다. 본 연구에서는 수소충전소의 부품 국산화를 통한 구축비용 절감을 위해 핵심 부품 중 유량제어밸브의 연구를 진행하였다. 유량제어밸브는 선진사의 제품 대비 사용용량을 향상시키기 위해 분석하였고, 단위 면적당 받는 압력과 소재의 물성의 변경하며 설계 하였다. 상용 구조해석 프로그램인 ABAQUS를 활용하여 유체에 의해 발생한 응력에 대한 구조적인 안전성을 파악 하였다. 본 연구는 KS규정에 따라 밸브가 열려있고 출구는 막혀있는 상태를 가정하여 1050bar의 압력으로 내압시험 해석을 진행하였다. 재료의 물성으로는 수소의 영향을 가장 많이 받는 부위인 Replace Seal, Sealing 부는 취성에 강한 STS316L과 PTFE 으로 정의 하였으며, 이 외 재료는 STS660, STS304 등으로 정의 하였다. 경계조건으로는 실제 밸브의 체결 상태를 고려하여 밀단과 양 옆의 자유도를 고정하였다. 해석을 수행한 결과 유량제어 밸브의 내압시험 기준에 따라 발생한 최대응력과 취약 부를 확인 하였고, 기존 선진사 제품 대비 향상된 점을 확인하였다. 또한 취약부분 Part의 피로 해석을 통해 최대 수명을 파악 하였다. 본 연구를 수소 충전소 핵심부품 국산화를 위한 연구에 활용 할 예정이다.

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

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술평가관리원의 “소재부품기술개발-패키지형 사업”의 지원을 받아 연구한 과제입니다. (NO. 20015893)

ESG와 기업가치 영향

송형상
한국가스공사

The Impact of ESG on Firm Value

Hyungsang Song
KOGAS

요 약

최근 ESG가 기업경영의 핵심화두로 부상하고 있는 가운데 지속가능한 성장 및 친환경기업 이미지 확립을 위해 에너지기업을 비롯한 각 산업의 기업들이 ESG 활동에 적극적으로 참여하고 있다. 본 연구에서는 이러한 기업들의 ESG 활동이 기업가치에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 먼저, 탄소중립과 RE100 가입을 공식적으로 선언한 국내 유가증권시장 상장기업을 대상으로 사건분석을 시행한 결과, 0일~(+10일)기간에 2% 내외의 누적초과수익률이 발생하는 것으로 나타나, 주식시장에서 기업의 ESG 활동에 대해 긍정적으로 반응한 것으로 해석된다. 다음으로, 주식시장에서 어떤 기업을 ESG기업으로 분류하는가를 살펴보기 위해서, 유가증권시장에서 거래되는 ESG테마 ETF에 포함된 기업들을 분석한 결과 10개 미만의 유틸리티기업이 포함된 것으로 파악되며, ESG테마 ETF의 성과는 코스피시장 대비 우수한 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는, 주식시장에서 ESG기업의 가치를 높게 평가한다는 증거로 볼 수 있으므로, 가스업계에서도 ESG경영을 더욱 강화하여 기업가치 제고에 힘써야 할 것이다.

미시적 기법을 통한 장기도시가스 수요전망

이성로

한국가스공사 경제경영연구소

Forecasting long-term city gas demand using bottom up approach

Sungro Lee

Research Institute of Economics and Management in Korea Gas Corporation

요 약

국내 도시가스용 수요는 1990년 이래로 보급 확대와 배관망 증설로 중장기적으로 증가하는 추세를 보여 왔다. 하지만 2000년대 중반 이후 가정용 수요 포화로 인해 수요의 중장기 추세가 약해지기 시작했다. 여기에 2012~2013년에 도시가스 수요는 최대치에 도달한 후에 매년 수요가 증가와 감소를 반복하고 있다. 이 같은 수요행태는 이전과 매우 다른 것으로 동절기 기온과 경쟁연료 가격 수준에 따라서 연간 수요가 등락이 교차하고 있는 상황이다. 이에 본 연구는 장기 도시가스용 수요전망에서 기존과 같은 빠르게 증가하는 추세를 직접 적용할 수 없기에 대안으로 미시적 기법을 활용할 것을 제안한다. 미시적 기법을 통해 세부수요의 특성을 고려하여 예측모형을 구성할 수 있는 장점이 있다. 구체적으로 전체 수요를 가정용, 일반용, 산업용 수요로 구분하여 모형을 구성하였다. 가정용 수요는 인구 및 가구정보를 주로 이용했고, 일반용과 산업용은 해당 부가가치를 활용한 모형을 구성하였다.

탄소역배출 수소생산기술

신동훈[†]

국민대학교 기계공학부

Negative emission technology for hydrogen generation

Donghoon Shin[†]

School of Mechanical Engineering, Kookmin Univ.

요 약

Biomass is the only renewable energy resource that absorbs greenhouse gases. Biochar is an appropriate way to store greenhouse gases in the form of fixed carbon, and biomass is its raw material. Forest resources are the most important sinks of greenhouse gases and produce the most abundant biomass resources. In Korea, forest protection policies have been in progress for a long time, and forest aging is in progress. As a result, the greenhouse gas absorption rate of forests is expected to gradually decrease, and a change in forest policy is necessary to increase the greenhouse gas absorption rate.

The process of pyrolyzing biomass to convert it into biochar has been practiced for as long as human history. However, the traditional method is not eco-friendly because its efficiency is low and it emits a lot of pollutants. Now, it is necessary to increase the efficiency and eco-friendliness of the biomass pyrolysis furnace, and to increase the added value of the produced biochar is also necessary for rapid social impact. The biochar oven using flameless combustion has the advantage of producing high-quality biochar and syngas because the heating temperature is uniform at 950 degree Celsius. Using wood pellets as the raw material, biochar yield rate is around 28%, and the producing syngas energy efficiency is 47%, which were demonstrated with experimental results. Biochar BET reaches over 300m²/g and its carbon content is over 92% due to nano carbon fibers being attached to the biochar surface. The syngas composition is H₂>45%, CO>35%, CH₄<3%, CO₂<3%, at 950 degree Celsius of pyrolysis temperature, and its calorific value is about 5000 kcal/kg. The laboratory scale is scalable with 25 kW of biomass supplied energy, and now a 200kW system is under construction. Biochar applications as pollutant adsorption agents and concrete strengthening agents are also included.

천연가스를 이용한 소형 수소추출설비 개발 (10Nm³/h)

임채연[†], 박병욱, 박승용, 박상진
에이치앤파워(주)

Development of small hydrogen generators using natural gas (10Nm³/h)

cheyun lim, beyungwook park, seungyong park, sangjin park
HnPower

요 약

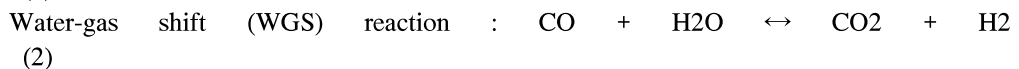
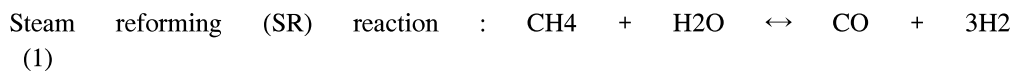
천연가스를 원료 및 연료로 활용하고, 수증기 개질과 WGS 반응 및 PSA를 통한 정제로 수소를 생산해 내는 10Nm³/h급 소형 수소추출설비의 단계별 개발 내용에 관한 것이다. 외산의 개질기를 활용한 수소추출설비는 HyG-10 V.1.0 (이하 V.1.0), 자사에서 개발한 개질기를 활용한 수소추출설비는 HyG-10 V.2.0 (이하 V.2.0) 이라고 명명한다. V.2.0은 기존 목표였던 수소 순도 99.99% 이상, 수소 유량 10Nm³/h 이상, 수소 전환효율 62% 이상을 달성하였다.

1. 서 론

천연가스 개질을 이용한 수소추출설비는 수소충전소 및 산업용 수소가 필요한 고객을 대상으로 한 소규모의 수소생산장치이며, 공급되는 원료인 천연가스를 수증기 개질과 WGS(Water Gas Shift) 반응 및 PSA(Pressure Swing Adsorption) 정제를 통해 고순도의 수소 가스를 생산한다. 제품의 구성은 크게 도시가스의 황성분을 제거하는 탈황기부터 초순수장치, 압축기, 개질기, WGS, PSA, 칠러 등으로 이루어진다.

2. 이 론

2.1 수증기 개질기 반응식



2.2 수소 전환효율 계산식

2.2.1 PSA 수소회수율의 정의

수소회수율 = 공급가스 내 수소 양에 대한 생성 가스 내 수소양의 비율

$$\text{PSA 수소회수율} = \frac{\text{생성 } H_{2_{out}} \text{ 유량 [Nm}^3/\text{h}]}{\text{공급 } H_{2_{in}} \text{ 유량 [Nm}^3/\text{h}]} \quad (3)$$

· 공급 H_2 in 유량[Nm³/h] = WGS 후단 개질가스 유량[Nm³/h] x WGS 후단 개질가스 내 수소 농도[%]

(3.1)

· WGS 후단 개질가스 유량[Nm³/h] =

$$\text{공급 NG 내 } C[kg/h] \times \frac{CO_2 \text{ 농도} [\%]}{\sum CO_2, CO \text{ 및 } CH_4 \text{ 농도} [\%]} \times \frac{MW_{CO_2}}{MW_C} \times \frac{1}{\rho_{CO_2}} \times \frac{100}{CO_2 \text{ 농도} [\%]} \quad (3.2)$$

2.2.2 수소전환효율의 정의

$$\text{수소 전환효율} = \frac{\text{생성 } H_{2_{out}} [mole] \times H_{2_{LHV}}}{\text{공급 } CH_{4_{in}} [mole] \times CH_{4_{LHV}}} \times 100(\%) \quad (4)$$

2.3 촉매 내구성(열화율) 계산식

2.3.1 메탄전환율의 정의

$$CH_4 \text{ conversion rate} = \frac{CH_{4_{out}} [mole] - CH_{4_{in}} [mole]}{CH_{4_{in}} [mole]} \times 100(\%) \quad (5)$$

$$\cdot CH_4 [mole] = CH_4 \text{ 유량} [Nm^3/h] \times \frac{\rho_{CH_4}}{MW_{CH_4}} \quad (5.1)$$

· CH_4 out 유량[Nm³/h] = WGS 후단 개질가스 유량[Nm³/h] x WGS 후단 개질가스 내 CH_4 농도 [%]

(5.2)

2.3.2 촉매열화율의 정의

$$\text{촉매열화율} = \frac{(\text{초기 메탄전환율} - 1000\text{시간 운전 후 메탄전환율})}{\text{초기 메탄전환율}} \times 100(\%) \quad (6)$$

3. 실험

3.1 자사 개질기 제작 및 운전을 통한 시스템 설계 보완 진행

외산의 개질기를 탑재해 우선적으로 PSA 연계 운전을 진행하며, 운전방법 등을 습득하고 개선사항 등을 찾아 수정 보완하였다. (HyG-10 V.1.0) 수소추출설비의 국산화율을 높이기 위해 개질기를 자사에서 제작해 사용하기 전 개질기를 단독으로 운전하여 개질기의 설계를 개선하는 과정을 진행하였다. 큰 개선 사항으로는 촉매 막힘 현상을 방지하기 위하여 양 끝 단에서 steam과 NG를 공급하던 방식에서 Steam과 NG를 static mixer를 통해 우선적으로 혼합해 공급하는 쪽과 압력을 해소하기 위해 반대쪽엔 Steam을 공급하는 쪽을 분기해 공급하도록 하였다. 또한 내부 단열재를 연소실 외곽에만 최소한으로 배치하여 개질기 부피 및 질량을 33% 감소하여 효율을 향상시켰다. 개선된 개질기와 PSA를 연계 운전하여 성능평가를 진행하였다. (HyG-10 V.2.0)

4. 결과 및 고찰

4.1 수소 생산량

PSA 후단에서 생성하는 수소의 유량은 그림 1. 및 그림 2.와 같다. 외산의 개질기를 활용한 V.1.0 의 경우 그림 1.과 같은 양상으로 수소 유량은 $10\text{Nm}^3/\text{h}$ 이상 생성되는 것을 확인하였다. 가압형을 고려하여 설계한 개질기와 PSA를 연계한 V.2.0 의 수소추출설비의 경우 그림 2.와 같은 양상으로 마찬가지로 수소 유량 $10\text{Nm}^3/\text{h}$ 이상 생성된 것을 확인하였다. 수소의 유량은 열식 유량계로 교정을 받아 사용하여 측정하였다.

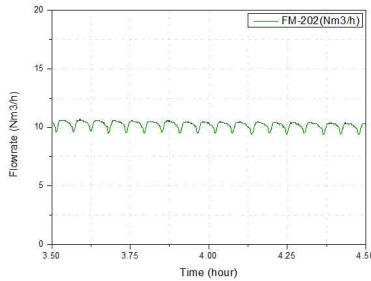


그림 1. V.1.0 수소 유량

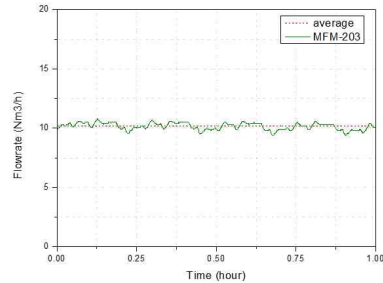


그림 2. V.2.0 수소 유량

4.2 수소 순도

V.1.0 의 경우 표준과학연구원에서 가스의 품질 분석을 의뢰하여 수소 순도 99.9994% 달성한 것을 확인하였으며, V.2.0의 경우 보유하고 있는 GC-FID 장비를 활용해 주 불순물인 CO, CO₂, CH₄의 양을 측정해 수소 순도가 9.99% 이상임을 KTL 입회하에 확인하였다.

4.3 수소 전환효율

V.1.0의 경우 온도는 버너 950℃, 개질기 690℃, WGS 230℃에서 운전하였으며, 원료 NG 2.7Nm³/h, 연료 NG 1.15Nm³/h 공급하였으며, 수소 전환효율 계산 결과 62.77% 산출되었다. V.2.0의 경우 온도는 버너 1150℃, 개질기 780℃, WGS 220℃에서 운전하였으며, 원료 NG 2.7Nm³/h, 연료 NG 1.44Nm³/h 공급하였으며, 수소 전환효율 계산 결과 68.99% 산출되었다.

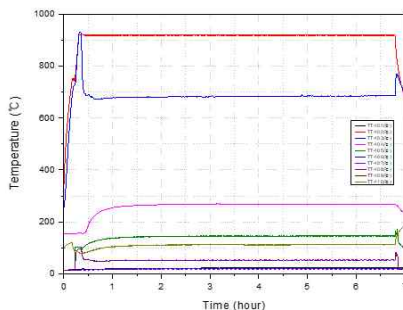


그림 3 V.1.0 개질기 운전 온도

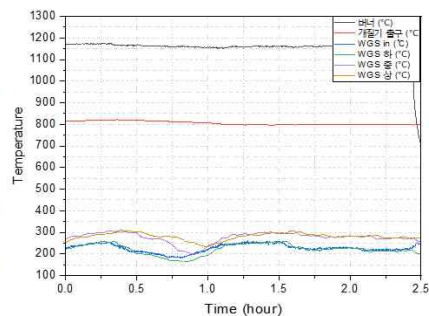


그림 4 V.2.0 개질기 운전 온도

4.4 촉매 열화율(내구성)

V.1.0의 경우 총 누적운전시간 약 360시간 동안의 메탄전환율 변화율 0%로 촉매 성능 열화가 없음을 확인하였다. V.2.0의 경우 메탄전환율이 줄었다 증가하는 양상으로 처음과 마지막의 메탄전환율로 촉매열화율을 계산하면 0.14%로 0.5% 이내이나 운전시간이 104시간으로 짧아 1,000시간의 충분한 장기운전을 통해 파악이 필요하다.



그림 5 V.1.0 메탄전환율



그림 6 V.2.0 메탄전환율

5. 결 론

본 연구에서는 자사 개질기를 탑재한 소형 수소추출설비의 설계 및 성능평가를 통해 제품의 성능이 목표에 달성함을 확인할 수 있었다. 수소 전환효율을 만족하며 수소 순도와 유량의 값을 동시에 만족하기 위해선 운전 조건의 안정화가 중요하다는 것을 알 수 있었다. 개질기의 경우, 버너의 열량은 현 설계에서 약 15,000kcal/h 공급해줘야 충분한 열전달이 이루어지고, 상압형 개질기의 경우 수증기가 생성됨에 따라 내부 압력이 발생해 NG 공급이 불안정할 수 있다. SCR은 3~4가 적정하며, 버너의 온도는 1200℃가 넘지 않도록 하는 것이 안전하다. 촉매열화율은 자동화 운전을 통해 충분히 오랜시간 측정해야만 한다. PSA의 경우, 수소 순도를 확보하기 위해선 PSA tail gas를 vent하는 압력이 0.1barg 이하가 되도록 하는 것이 중요하다.

사사(Acknowledgement)

본 연구는 한국가스공사의 천연가스를 이용한 On-Site 10Nm³/h급 소형수소제조기 개발 과제의 지원으로 수행되었습니다. 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] James Larminie and Andrew Dicks, "Fuel Cell Systems Explained, Second Edition," Wiley, New York. (2003)
- [2] S.-H. Yoon, I.-Y. Kang, G.-J. Bae, and J.-M. Bae, "kW-class Diesel Autothermal Reformer with Microchannel Catalyst for Solid Oxide Fuel Cell System," Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers B, vol. 32, no. 7. The Korean Society of Mechanical Engineers, pp. 558 - 565, 01-Jul-2008.

수소추출기 연계 연료전지 시스템 안전기준 개발

김수경, 추지안, 염지웅†, 이정운
한국가스안전공사, 가스안전연구원

Developments of Safety Reference For System of Linked to Hydrogen Extraction

SUE-KYUNG KIM, JI-AN CHOO, JI-WOONG YEOM†, JUNG-WOON LEE
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

탈탄소경제로의 패러다임이 전환되면서 신재생에너지의 한계점을 보완하는 수소경제가 부상하고 있다. 수소경제는 수소생산, 저장운송, 활용으로 구성되는데, 본 연구에서는 수증기 개질을 통해 고순도의 수소를 추출하는 수소추출기의 생산 시스템과 기저부하를 담당하는 고체산화물 연료전지와 부하변동 전력을 담당하는 고분자 전해질 연료전지로 구성된 연료전지 활용 시스템으로 구성하여 실증운전 될 예정이다.

기존 대부분 수소추출설비의 경우 1MPa 이상 운전으로 고압가스 안전관리법을 준용하여 운영되어 왔지만, 수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률이 시행됨에 따라 수소 추출설비 및 연료전지의 경우, 수소추출설비 제조의 시설, 기술, 검사 기준(KGS AH171)과 고정형 연료전지 제조의 시설, 기술, 검사 기준(KGS AH371)이 '21년 7월 제정되었다.

따라서 본 연구에서는 고정형 연료전지 관련 국제 표준인 IEC 62282-3, EN 50465와 연료 공정을 이용한 수소 추출기 국제 표준인 ISO 16110-1,2 등의 기준을 분석하였다. 이를 통해 수소추출기 연계형 연료전지 시스템을 노드별로 구분하고 위험요소 도출 및 분석을 실시하였다. 최종적으로 본 결과를 KGS AH171과 KGS AH371의 개정안 도출에 활용하고자 한다.

본 연구는 산업통상자원부 에너지기술개발사업(No.20203040030110) 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

수소추출기 연계 연료전지 사용시설 안전기준 개발 연구

이재진, 김수경, 추지안, 염지웅†, 이정운

한국가스안전공사, 가스안전연구원

A Study on the Safety Standards of Hydrogen Generators linked Fuel-cell Using facilities

**JAE-JIN LEE, SUE-KYUNG KIM, JI-AN CHOO, JI-WOONG YEOM†,,
JUNG-WOON LEE**

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

요 약

기후변화에 따른 탄소 발생량을 줄이기 위한 탄소중립을 위한 수단으로 분산발전 시스템이 확대되고 있다. 탄화수소계 연료를 수소로 개질하여 사용하는 수소추출기는 배기가스 중 유해물이 타 발전 시스템에 비해 매우 낮게 발생하는 친환경 수소 생산 시스템이며, 건물용 연료전지는 열과 전기를 생산하는 열병합 발전기술로써 도심 지역 내 신재생에너지 발전시스템 중 가장 높은 발전효율을 나타내는 분산형 발전원이다.

수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률이 제정('20.2월) 됨에 따라 수소추출기와 직접수소 연료전지, 그리고 연계 설치된 시설 등 수소 전주기에 대하여 국내 환경에 부합한 상세기준 개발이 필요하게 되었으며, 수소추출설비 제조의 시설·기술·검사기준(KGS AH171)과 고정형 연료전지 제조의 시설·기술·검사기준(KGS AH371), 그리고 수소연료 사용시설의 시설·기술·검사기준(KGS FU671)이 지난 21년 7월 제정되었다.

본 연구에서는 수증기 개질을 이용한 고순도 수소를 추출하는 수소추출시스템과, 생산된 수소를 활용하여 열 및 전기를 생산하는 직접수소 연료전지를 구성하여 공공 건물 등에 적용되는 1MPa 미만 저압의 수소연료 사용시설에 대한 국내외 기준의 비교분석 및 위험요소 분석을 통하여 관련 상세기준인 KGS FU671의 개정안 도출에 활용하고자 한다.

본 연구는 산업통상자원부 에너지기술개발사업(No.20203040030110) 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

암모니아 수소추출설비 안전기준 개발을 위한 안전항목 분석

추지안, 김승겸, 염지웅⁺, 이정운

한국가스안전공사 가스안전연구원

Analysis of safety items to development of safety reference hydrogen generator based on ammonia

JI-AN CHOO, SEUNG-KYUN KIM, JI-WOONG YEOM⁺, JUNG-WOON LEE

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

요 약

수소 경제 활성화 로드맵과 2050 탄소중립 시나리오안에 따라 수소의 소비는 증가할 것으로 예상되어지나 그에 대비하여 국내의 수소 생산량은 제한적일 것으로 보인다. 그 대책으로는 해외의 그린수소 운반이 있으며, 이를 위한 수소캐리어로서 액화수소, 암모니아 및 유기 수소화물 등이 주목받고 있으며, 그 중 암모니아의 경우 대량수송과 저장에 대한 인프라와 효율성 등의 장점으로, 그 활용에 대한 관심이 증대되었다.

『수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률』과 상세기준의 시행으로 수소용품 중 수소추출설비에 관한 KGS Code인 KGS AH171(수소추출설비 제조의 시설, 기술, 검사 기준)이 현재 시행되고 있으나 해당 기준은 도시가스, 액화석유가스, 탄화수소, 알코올류로 적용원료를 한정하고 있다. 따라서 암모니아를 적용원료로 하는 수소추출설비의 안전기준 개발이 필요한 실정이다.

본 연구는 암모니아를 원료로 하는 수소추출설비의 인프라 확보를 위해 안전기준 개발을 진행하고자 한다. 수소추출기 및 암모니아 관련 국제표준과 국내·외 기준의 비교분석을 통해 암모니아 기반 수소추출설비에 필요한 안전항목을 분석하였다. 국내의 관련 현행법 및 기준에 대한 적용범위를 분석하여 추가 및 보완해야 할 항목을 도출했다.

본 연구를 통해 암모니아 기반 수소추출설비의 안전기준을 개발하고 인프라 구축 및 제품 상용화에 이바지하여 최종적으로 수소 경제 활성화에 기여하고자 한다.

본 연구는 산업통상자원부 에너지기술개발사업(No.20213030040550) 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

재생에너지 연계 PEM 수전해 연구

문상봉*, 셸리말, 양새롬
(주) 엘캠텍

A Study on Water Electrolysis Based on Renewable Energy

SANG-BONG MOON, SHELLY MAL, SAE-ROM YANG
ELCHEMTECH

요 약

최근 지구 온난화 문제로 인해 탈탄소 산업 구축이 진행되고 있으며, 이에 따라 탈탄소 방법중의 하나로 수소경제의 도입이 활발히 전 세계적으로 진행되고 있다. 수소경제 전과정은 생산, 수송 및 저장, 이용분야로 구분되며, 전과정에서 CO₂ 발생 최소화 및 효율을 고려한 공정이 선택되고 있다.

수소 생산 방법은 다양한 공정이 있으나, 그 중 그린수소 생산 방법이 가장 가장 각광을 받고 있다. 그린수소 방법은 재생에너지와 수전해를 이용하여 수소를 제조하는 것으로, 수소 생산과정에서 CO₂ 발생이 없는 것을 특징으로 한다.

그린 수소생산 방법은 역사적으로 1990년대 중반에 기본 개념이 제시되었고, 2014년 독일에서 최초의 공장이 건설되었으며, 최근에는 100MW 스케일의 프로젝트들이 활발히 진행되고 있어 기술 진화속도가 매우 빠르다.

그린수소 생산은 기본적으로 재생에너지의 연계를 기본으로 한다. 재생에너지 전력은 높은 불규칙성 및 간헐성을 가지기 때문에, 이와 같은 전력을 수용하는 수전해는 스택의 내구성, 안전등의 문제가 발생할 수 있다.

이에 본 발표는 엘캠텍에서 수행한 연구과제 “재생에너지 연계 1MW PEM stack 개발” 결과의 소개로, 시스템의 dynamic 및 안전 설계 등의 결과를 소개하고자 한다.

재생에너지 기반 수전해설비 안전기준 개발

윤문상, 권준엽, 이재진, 이정운[†]

한국가스안전공사 가스안전연구원

Development of Safety Standards for Water Electrolysis Facilities Based on Renewable Energy

MONN-SANG YUN, JUN-YEOP KWON, JAE-JIN LEE, JUNG-WOON LEE[†]

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

요 약

그린수소로 에너지 전환이 급속하게 이루어지는 시점에서, P2G(Power to Gas) 기술개발에 대한 정부의 적극적인 투자와 함께 국내 100 MW급 대규모 수전해 실증사업의 추진이 계획되고 있다. 2021년 새만금 그린수소 클러스터 예비 타당성 대상 선정으로 100 MW급 대규모 수전해 설비 구축이 현실로 다가온 만큼, 수전해설비 안전성 향상에 대한 노력이 필요한 실정이다.

국내 수전해설비는 수소법에 따른 상세기준 시행에 따라 KGS AH271(수전해설비 제조의 시설·기술·검사 기준)에 따른 재료, 구조 및 치수, 장치, 성능에 대한 안전기준을 만족하도록 규정하고 있으나, 재생에너지 연계운전, 수전해 설비 형태별 운전특성에 적합한 안전기준 개발이 요구되어진다.

따라서, 본 연구는 재생에너지 기반 수전해설비의 위험요소를 분석하고, 특히 수전해 스택 등 주요 부품에 대한 안전성 향상의 필요성과 타당성을 연구하고자 한다. 또한, 국내·외 수전해 안전기준에 대한 비교 분석 및 관련 연구 자료를 분석하여 안전기준 합리화 방향성을 도출하였으며, 수전해설비의 안정적 운전을 위하여 KGS AH271에 대한 새로운 개정 항목을 제시하고자 한다.

본 연구는 산업통상자원부 에너지기술개발사업(No. 20203030040030) 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

고체산화물 연료전지 기술개발 현황

박진아[†], 최성호
(주)미코파워

Current Status of Solid Oxide Fuel Cell Technology Development

Jinah Park[†], Songho Choi
MiCoPower Ltd.

요 약

고체산화물 연료전지(이하 SOFC)는 타연료전지대비 높은 운전온도(650℃ 이상)에 기인하여 발전효율이 높고, 다양한 연료 활용이 가능하며 시스템 구성이 간단하여 양산시 경제성 확보가 용이하다는 장점을 갖는다. 또한 높은 수준의 열을 활용할 수 있기 때문에 소형열병합발전(mCHP)로서 종합효율을 극대화 할 수 있다. 반면 SOFC는 제조 공정 기술 개발의 난이도가 높기 때문에 전세계적으로도 상용화 기술을 보유한 기업이 희소하다. 최근에는 SOFC 기술을 보유한 기업을 주축으로 고체산화물 수전해기(SOEC) 기술 개발의 속도가 가속화되고 있다.

국내에서는 발전용 시장을 중심으로 SOFC 시장 확대가 매우 급속히 이루어지고 있으나 외국기술에 기반하였기 때문에 국내 산업의 성장과 고용창출에 미치는 영향은 미흡하다. 반면 주로 국내 SOFC 기업들이 진입하기 시작한 건물용 시장은 발전용대비 규모는 작으나 Supply Chain 구축이 잘 되어 있고, 제품에 대한 국산화 비율도 높다. 아직은 초기 시장진입 단계이기 때문에 경쟁력 확보가 미흡하나 발전효율과 가동률을 지속적으로 향상시켜 사업적으로 성장하고, 이를 바탕으로 실질적으로 경제성이 확보 된다면 장기적으로는 건물용 시장에서 SOFC가 주축이 될 것이고, 국산 SOFC 시스템으로 발전용 시장까지 진입하게 될 것을 기대하고 있다.

미코파워는 SOFC 셀, 스택, 시스템 제조 공정 기술을 모두 보유하고 있는 국내 유일기업으로서 현재 2MW/년 양산라인을 구축하여 운영하고 있으며 이를 바탕으로 2kW와 8kW SOFC 시스템으로 본격적으로 연료전지 사업을 추진중이다. 본고에서는 주로 미코파워의 SOFC 스택 제조 기술 및 2kW 시스템 실증 운전 현황을 공유하고자 한다. 더불어 향후 연료전지 시장에서 주목받을 기술이 될 비상전원용 SOFC 시스템과 수소연료를 사용하는 SOFC 시스템 개발에 대한 현황도 간략히 소개하고자 한다.

본 연구는 2022년도 산업통상자원부 및 한국에너지기술평가원(KETEP) 연구비 지원에 의한 연구임('20183010032390')

두산의 건물용 연료전지 개발 동향

박정건[†]

(주)두산 퓨얼셀 파워 BU

DOOSAN's Fuel Cell Development Status for Buildings

Jeonggun Park[†]

DOOSAN Fuelcell Power BU

요 약

건물용 연료전지는 수소와 공기를 연료로 공급 시 전기와 열의 공급이 가능한 소형 열병합 발전 시스템이며, 전기와 열을 합한 종합효율이 90% 이상으로 높고, SOx와 NOx의 발생이 없으며 CO2 배출이 적은 고효율, 친환경 제품이다.

건물용 연료전지는 발전용 연료전지와 달리 생산된 전기를 판매하지 못하고, 생산된 전기와 열을 건물 내에서 직접 사용하는 구조이다. 연료전지에서 생산된 열은 기존에 설치되어 있는 보일러와 연계되어 운영되며 건물 내 온수 또는 사우나, 수영장 등에 활용된다.

국내 건물용 연료전지 시장은 신재생에너지 보급 정책의 기반으로 2,000년 초기부터 주택을 중심으로 형성되었으며, 2015년 내외부터 신재생 의무화 설치 정책을 기반으로 중대형 건물 분야로 확장되어 2021년 기준 약 1,000억원의 규모의 시장으로 성장하였다.

두산 퓨얼셀 파워는 2,006년에 1kW급 PMEFC 제품인증을 취득하고 주택분야 보급을 시작하여 2,012년 10kW급 PEMFC 제품인증을 취득하고 건물분야 시장에 진출하였고 지속적인 개선 제품을 출시해왔다. 2022년에는 향후 본격적인 가동시장에 대비하여 효율이 높은 10kW급 SOFC 제품을 개발하여 KGS, KS 인증을 취득하였으며, KS 기준으로 전기효율 53.8%, 종합효율 98.8%를 확보하였다.

향후, 그레이 수소 중심의 연료전지에서 그린 수소 중심의 연료전지로 변화가 예상되고 있으며, 두산은 이에 대비하기 위하여 순수 수소를 사용하는 PEMFC 제품도 꾸준히 개발을 진행하여 건물용 25kW급 H2-PEMFC와 100kW급 H2-PEMFC 시스템을 개발하고 실증을 수행하고 있으며, 삼척 수소시범도시 과제에 참여하여 주택용 1kW급과 건물용 5kW급 H2-PEMFC 제품 개발과 함께 수전해를 통해 생산된 수소를 활용하는 실증 평가를 23년부터 진행하는 것으로 계획되어 있다.

이와 함께 22년 하반기부터 건설기계용 60kW급 수소 파워팩 개발을 착수하며, 모빌리티 분야로 시장을 확대하기 위한 준비를 진행 중이다.

드론용 이동형 연료전지 기술개발

송정민[†], 공도연, 문준석, 송봉용, 박준호, 명재범, 한명성, 정용식
두산모빌리티이노베이션

Development of PEMFC System For Drone

요 약

당사는 2019년 11월 드론용 연료전지 시스템을 세계 최초로 출시하였고, 태양광 모니터링 등 다양한 실 환경에서의 실증 검증을 추진해 오고 있습니다. 공랭식 연료전지 시스템으로 2.6kW 출력, 최대 2시간 비행 및 3kg이상 Payload가 가능합니다.

더불어 고중량의 Payload 서비스를 위한 드론용 연료전지 시스템으로 고출력 연료전지 시스템을 개발하고 있으며, 산자부 에너지기술평가원 국책과제를 통해 15kW급 수랭식 연료전지 시스템 개발을 추진하고 있습니다.

당사에서의 드론용 연료전지 시스템 개발 현황에 대해 소개하겠습니다.

비차량용 이동형 수소연료전지 시스템 개발 현황

박주연, 박부호, 김성진, 김영황, 박영철[†]

현대모비스

The Status of hydrogen fuel cell power system development for non-vehicle application

Zuh Youn Vahc, Bu ho Kwak, Sung Jin Kim, Young Whang Kim,
Young Chul Park[†]

Hyundai Mobis

요 약

세계 각국은 온실 가스 감축을 통한 기후변화 대응을 위해 2050년까지 탄소중립(carbon neutrality)을 실현하기 위한 다양한 정책을 제시하고 있다. 그 중 가장 효과적인 방법은 탄소에 기반한 에너지 시스템을 수소 중심으로 전환시키는 것으로 이에 따라 수소에너지 기술의 중요성은 더욱 높아지고 있다. 대표적인 수소에너지 기술인 수소연료전지는 기존의 차량 및 발전분야뿐만 아니라 비차량(non-road, off-road)의 다양한 분야에 확대 전개하려는 연구들이 활발히 진행되고 있다. 현대모비스는 기존 차량용 연료전지시스템을 활용해 지게차, 굴삭기, 공항특장차와 같은 다양한 수소모빌리티 제품군에 연료전지시스템을 적용하기 위한 연구개발을 진행하고 있다. 현재, 물류장비 분야에서는 5 ton 지게차용 연료전지 파워팩을 개발완료하여 실증/시범사업을 준비하고 있으며, 건설장비 분야에서는 14 ton 굴삭기용 연료전지 파워시스템을 개발하여 시운전을 진행중이며, 기타 물류특장차 분야에서도 공항견인차 (baggage tow tractor)용 연료전지시스템을 개발하고 있다. 본 발표에서는 현재 연구개발 되고 있는 현대모비스의 다양한 연료전지시스템 기술을 소개하도록 하겠다.

※본 연구 내용은 산업통상자원부 수소트럭 개조 기술 개발 및 실증사업 “공항특수차용 연료전지시스템 및 차량장착 기술 개발 (과제번호20011907)”의 지원으로 진행됨

건설기계 굴착기용 이동형 연료전지 안전기준 개발 연구

최재욱, 임홍균, 조인록, 이정운^{*}

한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on Safety Standard of Portable Fuel Cell applied to Electric Excavator

JAE-UK CHOI, HONG-GYUN LIM, IN-ROK CHO, JUNG-WOON LEE^{*}

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

요 약

디젤엔진이 주로 사용되는 건설기계는 탄소배출량이 수송전체 부문 22%를 차지할 만큼 높고, 미세먼지, SOx, NOx 등 유해물질을 다량 배출하고 있다. 이에 친환경 제품 개발의 일환으로 연료전지를 굴착기에 적용하여 온실가스 및 유해물질 배출량을 줄이려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 연료전지는 배터리보다 에너지밀도가 5~7배 이상 높고, 연료 충전시간이 월등히 빨라 1대의 굴착기를 연속적으로 사용할 수 있다는 경제적 이점이 있기 때문이다. 하지만 연료전지용 굴착기 프로토타입이 개발되었고 현재 실증단계에 도달했는데도, 전 세계적으로 굴착기용 이동형 연료전지 안전기준이 아직 개발되지 않은 실정이다. 굴착기는 진동, 기울임, 외부환경(고온, 저온, 우천, 분진) 등의 연료전지 안전 위해요소들을 분석하여 굴착기의 운전·제품특성을 반영한 안전기준 개발이 필요하다. 본 연구에서는 굴착기용 이동형 연료전지의 안전기준을 개발하기 위해 먼저 국내외 굴착기 및 연료전지 안전기준 분석을 수행하였다. 그리고 수소설비 관련 사고사례 분석, 굴착기 운전 및 제품 특성 분석, 위험요소 분석 등을 통해 안전기준의 기초자료를 도출하였다. 또한, 환경시험, 차압, 기울임, 진동 등 시작품을 설계하였다. 이러한 연구과정을 통해 도출한 기초자료를 통해 굴착기용 이동형 연료전지 안전기준의 초안을 개발하였다.

본 연구는 산업통상자원부 에너지기술개발사업(No.20203040030040) 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

최대이륙중량 200kg급 비행체용 수소연료전지 시스템 개발

박영철[†], 임승택, 원종보
현대모비스

Development of Hydrogen Fuel Cell System for 200kg Class Flightcraft Mobility

Young Chul Park[†], Seung Taek Lim, Jong Bo Won
Hyundai Mobis

요 약

전 세계적으로 기후위기에 대응하기 위해 오염물질 배출을 규제하는 탄소중립선언과 더불어 최근 급등하는 유가는 미래 운송수단의 변화를 빠르게 가져올 것으로 예상된다. 기존 화석연료를 대체할 에너지원으로서 무한 청정에너지인 수소는 미래의 주요 에너지원으로 주목을 받고 있다. 이러한 수소에너지의 활용 측면에서 수소연료전지는 승용차, 트럭 등 기존 차량용에서부터 철도, 선박, 지게차, 굴착기, 드론 등의 비차량용까지 다양한 어플리케이션의 동력원으로 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 최근에서는 소형 드론뿐만 아니라 UAM, 플라잉카 등의 항공분야에서도 수소연료전지를 적용하려는 연구들이 진행되고 있으며, 특히 2017년 이후 UAM 출현 및 수소연료전지 기술발전과 함께 다양한 형태의 수소연료전지 비행체 개발이 진행 중에 있다. 이러한 연구개발과 더불어 국내에서는 2050 탄소중립 에너지기술 로드맵을 통해 항공모빌리티용 수소연료전지 개발에 대한 마일스톤이 되었다. 그러나 수소연료전지를 항공모빌리티에 적용하기 위해서는 고출력 수소연료전지 시스템 및 시스템의 경량화가 절실히 필요한 상황이다. 본 발표에서는 최대이륙중량 200kg급 비행체 30kW급 수소연료전지 시스템 개발 현황에 대해 소개하고자 한다.

※본 연구 내용은 산업통상자원부 에너지기술개발사업 “최대이륙중량 200kg급 비행체용 순정력출력 30kW급 연료전지 파워팩 시스템 개발 (과제번호 20213030030100)”의 지원으로 진행됨

무인비행체용 이동형 연료전지 안전기준 항목 도출

이수환, 조인록, 최재욱, 이정운†

한국가스안전공사 가스안전연구원

Derivation of the safety codes for Portable Fuel Cells for Unmanned Aerial Vehicle

SU-HWAN LEE, IN-ROK CHO, JAE-UK CHOI, JUNG-WOON LEE†

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

화석연료의 고효율성으로 세계는 화석연료에 높은 에너지 의존도를 보이고 있다. 하지만 각종 환경 문제와 자원 고갈로 인한 유가의 상승으로 인하여 탈탄소에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 정부는 이를 뒷받침하기 위해 수소 경제 촉진, 수소 산업의 체계적 육성 및 수소의 안전 관리를 위한 「수소 경제 육성 및 수소 안전 관리에 관한 법률」을 제정하였다. 이 중 수소 안전 관리 관련 조항인 제44조에 의해 검사받은 제품들만 판매가 가능하며, 검사는 KGS Code에 의해 시행한다. 현재 비행체 관련 안전기준은 KGS AH373(이동형 연료전지(드론용) 제조의 시설·기술·검사 기준, '22.01제정)이 있지만 자체중량 150kg 이상에 대한 안전기준 개발이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 KGS AH373(드론용)과 비행체 관련 안전기준(RTCA DO-160, KS W 9001 등) 및 연료전지 관련 안전기준(IEC 62282-4-101, IEC 62282-5-100 등)을 상호 비교 분석하였다. 이를 통해 재료, 장치, 성능, 구조 및 치수에 대한 안전 항목을 도출하고자 하였으며, 이는 비행체에 사용되는 연료전지 시스템의 안전성능 확보에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구는 산업통상자원부 에너지기술개발사업(No.20213030030100) 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

포스터 발표.

탄소복합재용기 안전충전함의 내압파열시험 방법에 관한 연구

김태희, 박현종, 김관우, 이동훈, 양윤영

한국가스안전공사 가스안전연구원

In study on the pressure rupture test method of safety cabinet for carbon composite container

Kim Tae Hee, Park Hyeon Jong, Kim Kwan Woo, Lee Dong Hoon, Yang Yun young

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

요 약

공기호흡기용으로 사용되는 탄소복합재용기는 화재 등의 현장에서 소방관이 사용하는 개인안전장비 중에서도 가장 중요한 장비이며 이때 탄소복합재용기에는 고압의 압축된 공기가 충전되는데 그 과정에서는 용기 폭발로 인한 작업자의 안전사고가 발생할 수 있어 이를 예방하기 위한 장비인 탄소복합재용기용 안전충전함의 성능을 정확히 확인하는 검사의 필요성이 점차 커지고 있다.

발전되는 용기제조기술로 인해 탄소복합재용기는 최고허용충전압력의 3~4배 이상의 압력을 견딜 만큼 내구성과 내압성능이 좋아지면서 탄소복합재용기 안전충전함의 내압파열시험 시 탄소복합재용기의 허용압력한계 이상 압력을 가압하여 시험 CODE 내 규정된 충전 압력인 ‘최고허용충전압력의 1.2배’를 넘어서 용기를 폭발시켰을 경우 안전충전함이 파손되는 등 내압파열성능을 만족시킬 수 없게 된다. 따라서 내압파열성능 시험 시 규정 압력에 부합하는 충전압력에서 용기를 임의로 폭발시켜 정확한 시험을 할 수 있는 방법이 요구된다.

본 연구에서는 탄소복합재용기 안전충전함의 내압파열시험 시 용기 표면에 적절한 결함을 미리 만들고 용기충전을 시작하여 규정에 맞는 적정 압력이 되었을 시 결함을 따라 용기를 절단하여 시험을 완료할 수 있도록 결함의 크기, 형태와 절단하는 방법에 대해 연구하였고, KGS FP211 CODE 내 내압파열시험에서 지정하는 충전범위 내에서 안전한 방법으로 용기를 폭발시켜 시험을 완료할 수 있음을 확인 하였다.

Acknowledgement : 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음.(과제번호 22HBST-C158081-03)

수소 충전소 및 수소연료전지 차량 부품 국산화 개발 지원 연구

박진석, 이동훈

한국가스안전공사 수소안전기술원

Study on Supporting local manufacturing development of hydrogen filling station components and hydrogen fuel cell vehicle components

Park Jin Seouk, Lee Dong Hoon

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

요 약

2015년 파리기후변화협약(파리협정, Paris Agreement)을 근거로 탄소 감축(decarbonization)에 대한 국제적 관심이 고조됨에 따라 다양한 분야에서 탄소 감축을 위하여 전 세계적으로 공감대가 형성되고 우리나라를 비롯한 주요 국가들은 이에 대응하기 위한 다양한 정책을 추진하고 있다. 특히, 수송 분야에서는 탄소 배출이 거의 제로인 수소연료전지차량(Hydrogen Fuel Cell Vehicle)에 대한 보급·확대가 이루어지고 있으나, 수소충전소 및 수소연료전지차량에 들어가는 부품의 대부분은 수입에 의존하고 있는 실정이다. 한국 정부는 수입품을 대체하고 국산화율을 높이기 위하여 수소경제 활성화 로드맵(2019.1), 수소안전관리 종합대책(2019.12), 소재·부품·장치 2.0 전략(2020.7) 등 다양한 정책을 추진 중에 있다.

본 연구에서는 수소 충전소와 수소연료전지 차량에 들어가는 주요 부품(압력용기, 압력조정기, 용기밸브(압력방출장비), 체크밸브, 충전구 및 연결구, 수동밸브, 유량조절밸브 등)의 제조회사(중소기업)의 국산화가 얼마나 진행되었는지를 우선 조사하고, 개발품을 대상으로 실증 시험(내압시험, 기밀시험, 수소적합성 시험 등)을 지원함으로써 해당 개발품이 국제기준에 부합하는지를 확인하고자 한다. 본 본문은 한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터에서 추진하는 『수소부품 시장진입 지원 사업』을 통해 단순 실증 시험 지원을 벗어나 의뢰 시험에 대한 시료의 불합격 원인을 분석하고 개선품 제작 권고 등 컨설팅을 실시하여 국산화율 향상에 더욱 기여를 하고자 한다. 이를 통해 본 연구는 수입 대체 효과 뿐만 아니라 국내 수소 안전관리 강화에 기여 할 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgement : 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음.(과제번호 22HBST-C158081-03)

내압용기 설계단계검사 방법과 내구성 개선 요인 파악

박현종, 김태희, 김관우, 이동훈, 양윤영

한국가스안전공사 가스안전연구원

The Analysis of Design Process Inspection Method and Durability Improvement Factors for Pressure Cylinder

Park Hyeon Jong, Kim Tae Hee, Kim Kwan Woo, Lee Dong Hoon, Yang Yun Young

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

요 약

최근 EU에서 발표한 Fit for 55의 발표에 힘입어 배터리, 모터를 사용하는 전기 모빌리티, 수소를 에너지원으로 사용하는 수소 모빌리티에 대한 관심도가 나날이 증가하고 있는 실정이다. 특히, 수소 에너지원은 전 세계적인 추세인 저탄소, 녹색성장의 관점에도 연관성을 보이며, 수소 모빌리티의 개발 및 연구는 세계적으로 활발하게 이루어지고 있다.

현재 수소 모빌리티용 용기는 Type-Ⅵ용기가 주로 사용되고 있으며 GTR NO.13, 국토부고시 별표 4 「압축수소가스 내압용기(용기밸브와 용기 안전장치를 제외한다) 제조관련 세부기준, 검사(시험)방법 및 절차」 등 전 세계적으로 수소 모빌리티용 용기의 관심이 높아지고 있다.

본 연구는 여러 수소 모빌리티의 부속 부품 중 Type-Ⅵ복합재료용기의 관한 연구로서, 국토부고시 내압용기 안전기준 별표 4에 있는 설계단계검사의 장비 및 시험 방법을 소개하며, 직접 시험을 진행하며 쌓인 경험적 데이터분석을 통해 용기의 내구성 개선방법을 알아보았다.

또한, Type-Ⅵ용기에 와인딩되어 있는 탄소섬유는 분진의 형태로 폐에 쌓이게 되면 폐렴, 폐암 등 다양한 질병의 원인인 물질이다. 설계 단계 검사에 있는 파열시험, 상온압력반복시험 등 다양한 시험 후에 발생하는 분진의 피해를 최소화하기 위한 다양한 조치 방법들을 연구하였다.

이를 통해 내압용기의 설계단계검사에서 용기의 내구성과 안전성을 정확히 판단하고, 실제 내압용기의 다양한 설계단계검사 실증시험에 있어서 축적된 경험적 데이터를 통해 안전한 시험 기법을 개발하는데 목표를 두고 있다.

Acknowledgement : 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음.(과제번호 22HBST-C158081-03)

수소버스용 TPRD 안전성 성능 평가를 위한 장비개발 및 시험 방법

서민형, 이동훈, 정찬호, 심희준, 전호병, 양윤영
한국가스안전공사 가스안전연구원

The development of safety performance test equipment for hydrogen bus TPRD and test method

Seo Min Hyung, Lee Dong Hoon, Jeong Chan Ho, Shim Hee Joon, Jun Ho
Byung, Yang Yun Young
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

현재 전 세계적으로 2015년도에 체결된 파리기후협약을 기준으로 2050년 탄소중립을 위해 신재생 에너지를 기반으로한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 신재생에너지를 활용한 수전해 공정을 통해 공급이 가능하고 오염물질을 배출하지 않는다는 장점으로 많은 각광을 받고 있다. 이에따라 정부에서는 수소 경제 활성화를 위해 정책 및 지원을 아끼지 않고 있다. 수소 경제가 빠르게 발전함에 따라 수소 모빌리티 즉, 수소차량 및 수소버스의 공급 계획이 점차 증가하고 있다. 하지만 수소를 이용하는 장비는 안전성에 많은 관심이 필요하기 때문에 수소장비에 대한 평가 및 점검을 하는 방법이 모색되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 수소버스에 사용되는 안전밸브인 TPRD(Thermally-activated pressure relief device)에 대한 안전성의 성능을 평가하는 장비를 개발하고 그에 따른 시험 방법을 소개하고자 한다.

수소버스용 TPRD는 가속수명 성능평가, 차량환경 및 스트레스 부식균열시험, 벤치탑 시험, 유량평가 등 총 4가지 시험으로 진행되며 본 연구에서는 차량환경 및 스트레스 부식균열시험에 대한 내용을 제외한 나머지 3가지 시험에 대하여 소개하고 효율적인 시험을 위한 개선사항을 도출하고자 한다.

Acknowledgement : 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음.(과제번호 : 22BHST-C158081-03)

비금속 재료의 수소적합성 가속시험법 개발 연구

장문석, 전호병, 이동훈
한국가스안전공사 가스안전연구원

A study on the Development of Hydrogen Compatibility Accelerated Test Method for non-Metallic Materials

Jang Mun Seok, Jun Ho Byung, Lee Dong Hoon
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

수소경제 활성화 로드맵을 통해 강점이 있는 수소전기차·연료전지를 양대 축으로 하여 수소경제를 선도하겠다는 계획을 발표하였으며, 수소전기차 보급 확대 계획에 따른 구성품의 안전성 검증 및 기술개발에 대한 지원을 추진 중에 있다. 수소전기차 양산에 따른 부품 양산 기술, 핵심부품에 대한 가격저감 기술 확보 등을 통한 국산화율 100%달성을 목표로 하고 있다. 하지만 자동차 개발 업체에서 주행거리 향상을 위하여 70MPa의 압력을 저장할 수 있는 고압수소저장시스템을 차량에 장착함으로써 부품 개발 업체들은 그 기준에 맞는 부품을 개발 하는데 많은 어려움을 겪고 있다

기존의 시험 기준의 경우 시험소요시간이 매우 길기 때문에 급격한 개발이 진행되고 있는 수소전기차 부품시장에서는 신제품 개발의 걸림돌로 작용하고 있다.

본 연구는 수소전기차 고압연료시스템용 요소부품의 평가/검증 기간을 단축시켜 비용을 절감하기 위하여 기초시험인 비금속 수소적합성시험을 보다 가혹한 조건을 적용하여 가속시험법을 개발하고, 개발된 시험 절차의 검증을 수행하여 부품기업에 제공함으로써 관련 부품기업들의 국산화 개발을 위한 성능시험에 활용 하고자 한다.

Acknowledgement : 본 연구는 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원의 2022년 산업기술혁신사업 지원으로 수행되었습니다. (No. 20006921, 수소전기차 고압연료시스템 요소부품 평가·검증 기술 개발)

수소버스 대용량 CHSS 파열시험 성능평가 설비 및 파열파편 회수 편의성을 갖는 안전챔버 개발

전호병, 이동훈, 정찬호, 서민형, 심희준, 양윤영
한국가스안전공사 가스안전연구원

Development of hydrogen bus large volume CHSS (Compressed Hydrogen Storage System) rupture test performance evaluation facility and development of safety chamber with convenience to retrieve rupture fragment

Jun Ho Byung, Lee Dong Hoon, Jeong Chan Ho, Seo Min Hyung, Shim Hee Joon, Yang Yun Young
Institute of Gas Safety R&D, Korea gas safety Corporation

요 약

2015년 파리기후변화협약(파리협정, Paris Agreement)을 근거로 탄소 감축(decarbonization)에 대한 국제적 관심이 고조됨에 따라 다양한 분야에서 탄소 감축을 위하여 전세계적으로 공감대가 형성되고 우리나라를 비롯한 주요 국가들은 이에 대응하기 위한 다양한 정책을 추진하고 있다. 특히, 수송 분야에서는 탄소 배출이 거의 제로인 수소연료전지자동차(Hydrogen Fuel Cell Vehicle)에 대한 보급·확대가 이루어지고 있으며, 한국 정부는 지금까지 연구가 진행되었던 수소 승용차 뿐 아니라 장거리 운행과 충전에서 효율성이 훨씬 높다고 평가되는 수소 버스 등 상용차에 대한 보급·확대를 전략적으로 지원하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 수소 승용차용 내압용기에 비해 길이(870mm→1850mm) 및 부피(50L→175L)가 비약적으로 증가한 대용량 수소 버스 내압용기(CHSS, Compressed hydrogen storage system)의 성능 평가 설비를 개발하는 것을 목표로, 국제적으로 통용되는 기술기준인 GTR No.13 규정과 국내의 국토교통부 고시(자동차용 내압용기 안전에 대한 규정) 별표 4의 파열시험 기준을 동시에 만족하고, 설비 성능의 핵심기능인 가압 성능을 기존 250MPa 보다 크게 증가시킨 500MPa로 수준으로 설계하여 향후 예상되는 충전 압력 상승과 항공 우주 분야의 초고압 용기 시험에도 활용 가능한 성능 평가 시설을 개발하고 있다. 또한, 수소버스 등 상용차의 CHSS는 비금속 재질의 내측 용기에 탄소섬유 등 복합재를 와인딩 하는 TYPE4 용기로 파열 시험 진행 시 파열된 용기 잔해가 공기 중에 비산하는 문제를 가지고 있어 시험원의 호흡기 흡입 위험, 파편의 회수가 어려운 문제점이 자주 발생하였다. 그리고 200MPa 수준의 파열 압력으로 인한 충격파와 파편의 날림, 특히 중량물인 충전부의 비산에 의한 기계적 충격을 최소화 하여 시험장 인근의 안전 문제를 해결할 수 있는 파열파편 회수 편의성을 갖는 안전 챔버를 별도로 개발코자 한다.

Acknowledgement : 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음.(과제번호 : 22BHST-C158081-03)

GTR No.13에 부합하는 TPRD 및 체크밸브 평가장비 개발

정찬호, 이동훈, 서민형, 심희준, 전호병, 양윤영
한국가스안전공사 가스안전연구원

Development of TPRD and Check valve test equipment according to GTR No.13

Jeong Chan Ho, Lee Dong Hoon, Seo Min Hyung, Shim Hee Joon, Jun Ho Byoung, Yang Yun Young
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

현재 2015년도에 체결된 파리기후협약에 따라 대기오염물질 저감을 위한 국제적 규제가 강화되고 있으며 신재생에너지를 활용한 기술 개발도 활발히 이루어지고 있다. 그 중 운송 산업분야에서 수소버스의 도입은 대기오염물질 저감을 기대할 수 있는 방안이다. 국내에서도 수소승용차 및 수소버스 등 다양한 모빌리티의 보급을 추진 중이고, 이와 동시에 안전성에 대한 시험기준 국제 부합화를 추진 중에 있다.

수소전기차 국제기준인 GTR No.13은 국내기준과 조화될 예정이지만 국내에는 GTR No.13에 부합하는 TPRD 및 체크밸브 평가장비가 부재한 실정이다.

본 연구에서는 GTR No.13에서 규정한 압축수소저장 시스템 중 TPRD와 체크밸브의 내구성능시험 규정에 관해 조사하고, 시험 기준에 부합하는 평가장비를 개발하고자 한다.

본 연구를 통해 개발되는 평가장비는 국내 수소자동차용 부품 인증에 활용하여 수소전기차의 안전성을 높일 것으로 기대한다.

Acknowledgement : 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음.(과제번호 22HBST-C158081-03)

수소 충전소 통신충전 안전성 평가를 위한 통신방법 연구

하기역, 심근선, 심희준, 이동훈, 양윤영

한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on a Communication Scheme for Safety Evaluation of Communications Fueling in Hydrogen Refueling Stations

Ha Gi Yeok, Shim Keun Seon, Shim Hee Joon, Lee Dong Hoon, Yang Yun
young

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

요 약

전 세계적으로 탄소배출 제한 등 환경오염에 대한 규제가 엄격해지면서 친환경 연료인 수소 에너지에 대한 수요가 증가하고 있으며 수소전기차를 충전하는 수소충전소의 보급도 확대되고 있다. 국내에서도 충전용 수소를 공급할 수 있는 인프라인 수소충전소를 2022년 310개소에서 2030년에는 620개소까지 확대될 예정이다.

현재의 수소 충전소는 고압의 수소를 용기에 저장하였다가 압력이 떨어진 수소전기차의 용기에 고압의 수소를 차압 방식으로 충전하고 있다. 고압 수소를 안전하고 빠르게 충전하기 위해서는 고압 수소 충전 프로토콜이 필요하며 프로토콜을 만족하지 않을 경우 충전시간이 지연되고 고 온도·압력의 과다 상승으로 차량 용기파손 등 큰 사고로 이어질 수 있다.

미국·일본 등 선진국은 수소 충전 표준 프로토콜(SAE J2601)에 맞추어 수소충전소 성능평가를 실시하고 있으나 국내는 수소 충전 시스템에 대한 성능평가 기준이 부재하여 충전소들이 일정성능 이상의 안전성능을 확보하지 못하고 충전소마다 상이한 능력을 보이고 있는 실정이다.

국내 수소 충전 시스템에 대한 안전 및 신뢰성 확보를 위해 충전소 종합성능·안전 평가 기술 및 평가장비 개발이 시급하며 특히 수소 충전 중 수소전기차 용기의 온도·압력 등의 상태를 알 수 있어 충전소의 안전성을 극대화할 수 있는 통신충전 방식 안전성 평가기술 개발을 위한 통신 프로토콜(SAE J2799)이 정확히 구현되어야 한다.

본 논문에서는 SAE J2799에서 제시하고 있는 기저대역 통신방식중 하나인 적외선 통신에 대한 사항 및 실제 무선통신 구현에 필수적인 송·수신부 구성요소, 프레임 구조, 파라미터 설정, 에러검출방식 등의 내용을 전반적으로 소개하고자 한다.

Acknowledgement : 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행

수소 연료전지 자동차용 Check Valve 설계에 관한 연구

김영우, 정우석, 이동건, 이행선, 김성준, 김현수
디케이락(주)

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

Young Woo Kim, Woo Seok Jung, Dong Gun Lee, Hang Sun Lee,
Seong Joon Kim, Hyoun Soo Kim
DK-Lok Corporation

요 약

본 연구에서 개발하고자 하는 제품은 수소 연료전지 자동차의 연료 저장 시스템용 HTV(High pressure Tank Valve)에 구성품인 초고압용 Check Valve입니다. 수소 연료전지 자동차에서 사용되는 초고압용 HTV는 700bar 수준의 고압 수소를 저장하고 압력을 조절하는 장치로써, 구성품으로는 솔레노이드 밸브, 매뉴얼 밸브, TPRD, 체크밸브, 블리드 밸브 등 다양한 부품으로 구성되어 있습니다. 온실가스 증가로 인한 지구 온난화 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 Check Valve의 설계안을 구조해석 및 유동해석을 통해 설계 검증을 진행하였고, 실제 700bar급 Check valve 시제품 제작 및 성능평가를 진행하여, 개발하고자 했던 700bar급 Check 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 저장용기용 TPRD 설계에 관한 연구

이동건, 정우석, 김영우, 이행선, 김성준, 김현수, *이경완
디케이락(주), *블루마린

A study on design of TPRD for hydrogen storage vessel

Dong Gun Lee, Woo Seok Jung, Young Woo Kim, Hang Sun Lee,
Seong Joon Kim, Hyoun Soo Kim, *Kyoung Wan Lee
DK-Lok Corporation, *BLUE MARINE

요 약

최근 인간의 활동에 의한 온실가스 배출을 최대한 줄이고, 남은 온실가스는 흡수(산림 등), 제거(CCUS)해서 실질적인 배출량이 0(Zero)가 되는 탄소중립 개념이 부각되고 있습니다. 우리나라를 비롯한 120여개 국가가 이산화탄소의 배출량을 0으로 만드는 탄소중립을 선언하거나 추진 중이고, 유럽과 미국은 수입품 등 모든 항목에 대해 탄소세를 부과하겠다는 환경규제 움직임도 일고 있습니다. 이런 움직임에 대한 대응에 효과적인 방법 중 하나는 탄소에 기반을 둔 에너지 시스템을 수소 중심으로 전환시키는 것으로 수소는 전기, 열에너지 등 최종 에너지로의 변환이 가능할 뿐만 아니라, 전기와 달리 대용량 장기간 저장이 가능하며, 석유나 가스처럼 에너지가 부족한 지역으로 이동이 가능한 장점이 있습니다. 본 연구에서 개발하고자 하는 TPRD(Temperature activated Pressure Relief Device)는 수소연료전지 자동차의 저장용기 및 배관 라인에 장착되어 차량 화재 발생 시 내부의 압력 증가에 의한 폭발 사고를 방지하기 위한 압력 해제 안전장치입니다. 현재 수소연료전지 자동차에 적용되고 있는 온도감응형 TPRD는 Bulb안에 특수용액을 넣어 온도가 올라가면 Bulb가 깨져 압력을 해지하는 방식이며, 이 Bulb는 전량 해외업체로부터 수입에 의존하고 있습니다. 특히 Bulb type TPRD의 문제로는 수입으로 인한 단가 및 납기문제, TPRD 조립 시 Bulb 얼라인먼트 오차로 인한 내부 압력으로 TPRD가 깨지는 문제가 지속적으로 발생하고 있습니다. 당사는 이러한 문제점을 개선하기 위해 금속재질의 Fuse를 사용한 Metal Fuse type의 TPRD를 개발하고자 합니다. Metal Fuse type과 기존 Bulb type의 차이점은 Bulb 대신 금속재질의 Fuse를 TPRD 내부에 장착하여 일정 온도 이상이 되면 Fuse가 녹아 없어져 유로를 개방하는 방식이라는 것입니다. Metal Fuse type의 TPRD 개발에 따라 기존에 발생하던 차량의 진동이나 조립 시 공차에 의한 얼라인먼트 문제도 감소시킬 것으로 예상 됩니다. 이번 연구에서는 당사에서 설계한 TPRD 제품에 대해 구조해석 및 유동해석으로 설계 검증하고, 시제품 제작을 통한 성능 평가를 진행하여 기존 제품의 성능조건을 만족하는지 확인하고자 합니다.

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

700bar급 수소충전소 제어시스템용 레귤레이터 설계에 관한 연구

정우석, 김영우, 이동건, 이행선, 김성준, 김현수
디케이락(주)

A Study on Design of Regulator for 700bar on Hydrogen Station control system

Woo Seok Jung, Young Woo Kim, Dong Gun Lee, Hang Sun Lee,
Seong Joon Kim, Hyoun Soo Kim
DK-Lok Corporation

요 약

기후 변화 및 온실 가스로 인한 지구 온난화 문제, 미세먼지 대책으로 세계 각국에서는 화석 연료 사용에 따른 규제를 본격화하고 있으며 국제적인 기후 협약에 따른 탄소 배출에 대한 규제를 적용하여, 2050년까지 탄소중립을 선언하고 있습니다. 이러한 탄소 배출 규제에 따른 대책으로 신재생에너지 개발 수요가 늘어나고 있으며, 수소를 이용한 에너지 생성은 자체 오염물질을 배출 시키지 않는 청정에너지원으로 온실 가스 배출 문제를 근본적으로 해결 할 수 있는 자원입니다. 하지만 국내 수소충전소 인프라 구축이 부족한 실정으로, 최근 정부에서는 수소 충전소 기술개발 지원을 하고 있으며 2040년까지 국내 수소충전소 1,200개소를 구축 예정입니다. 이러한 수소 충전소용 초고압 부품군 개발에 맞춰 이번 연구에서 개발하고자 하는 제품은 수소충전소 제어시스템에서 사용되는 레귤레이터로 고압의 수소 가스의 유량 및 압력을 제어 조절하는 부품입니다. 본 연구에서는 당사가 개발한 초고압용 레귤레이터의 설계안을 구조 및 유동해석을 통해 검증하였고, 또한 시제품 제작 및 성능시험을 통해 실제 700bar 압력에서의 기밀, 작동 성능 평가를 진행해 설계했던 유체 제어 성능을 검증하였습니다.

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

이산화탄소 지중저장 효율향상을 위한 나노첨가제 메커니즘 분석

송차영, 조성학, 강인구, *이정환
전남대학교 에너지자원공학과

Investigation of Nano-fluid Mechanism for Efficiency Improvement of CO₂ Geological Storage

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

요 약

지구온난화로 인한 이상기후 현상들이 지속되면서 온실가스 감축을 위한 방안으로 이산화탄소 포집 및 저장(carbon capture and storage, CCS) 기술이 전 세계적인 주목을 받고 있다. 특히 이산화탄소 지중저장 시, 저장효율 향상을 위해 다양한 첨가제에 관한 연구가 시도되고 있다. 이때 나노입자를 이용한 나노첨가제는 저장지층에 선 주입됨으로써 이산화탄소의 주입성과 저장용량을 개선할 수 있을 뿐만 아니라 용해효율을 증진할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서는 이산화탄소 지중저장 효율향상을 위한 나노첨가제의 주요 메커니즘을 분석하였다. 저장지층에 주입된 나노유체는 이산화탄소와 반응하여 물-이산화탄소의 계면특성을 변화시킬 수 있으며, 계면장력 감소 효과로 인한 주입성 증진도 기대할 수 있다. 습윤도 변화는 나노유체의 흡착 과정 동안 발생하며, 암석의 습윤도를 변화시켜 저장지층 내 이산화탄소의 저장용량을 개선한다. 특히, 나노유체는 이산화탄소 표면에서 기체 방울 깨짐 효과(bubble breaking effect), 셔틀 효과(shuttle effect), 경계면 혼합 효과(boundary mixing effect)를 통해 유체 내 이산화탄소의 용해 효율을 증진하는 역할을 한다. 따라서 이산화탄소 지중저장 효율 향상을 위해서는 나노유체-이산화탄소-암석, 나노유체-이산화탄소의 반응 분석을 통한 상호관계 도출이 필요하며 이는 계면장력, 습윤도, 용해효율 측정실험 등을 통해 취득될 수 있다.

사 사

본 연구는 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20212010200010). 또한, 본 연구는 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2020R111A3060663).

Hydrogen property calculation using correlation equations proposed by machine learning method

서호민, 박병흥*

한국교통대학교 화공생물공학전공

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

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

요 약

현재 에너지원으로서의 수소는 차량의 연료로서 교통수단에 주로 이용된다. 수소 차량에 수소를 저장하는 방법들 중에서 기체 수소를 압축하여 저장하는 것은 상용화된 기술이다. 실용적으로 수소 차량에 수소를 충전하기 위해서는 차량 내 저장 탱크의 안전성을 확보하면서 짧은 충전 시간을 필요로 한다. 수소 충전 과정을 포함하여 기체 수소의 열역학적 물성들은 수치 연구에 필요하며 이를 통해 신뢰할 수 있는 수치 모델 개발이 가능하다.

본 연구에서는 $223.15\text{ K} < T < 373.15\text{ K}$ 및 $0.1\text{ MPa} < P < 100.1\text{ MPa}$ 범위에서 온도 및 압력에 대한 다항식을 제안하여 서로 다른 계수를 적용함으로써 다양한 수소의 물성을 계산할 수 있는 방법을 제시하였다. 계수는 다량의 데이터를 사용하여 방정식을 회귀하는 머신러닝 방법으로 구하였다. 방정식은 각 물성에 대해 서로 다른 데이터 세트를 사용하여 훈련, 테스트 및 검증하였다. 방정식의 차수는 2차에서 5차까지 변화시켰으며 차수와 관련하여 정확성을 비교 평가하였다.

연구 결과 대부분의 수소 내부에너지, 엔탈피 등을 포함한 다양한 물성 값은 정확도 0.999이상으로 계산되었고, 5차 방정식의 평균 상대오차는 대부분 0.3% 미만으로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 2022년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음.

실리카 나노입자의 표면개질을 위한 푸리에변환적외선분광 분석

* 장호창, 박혜리*

강원대학교 에너지공학부, *강원대학교 에너지자원융합공학과

Analysis of Fourier transform infrared spectroscopy for surface modification of SiO₂ nanoparticles

Hochang Jang, Hyeri Park

Division of Energy Engineering, Kangwon National University

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

나노입자는 높은 비표면적과 반응성을 가지며, 합성이나 중합과 같은 표면개질 과정을 통해 입자의 물성을 변화시킬 수 있어 여러 산업에서 폭넓게 활용되고 있다. 본 연구에서는 나노유체를 이용한 석유회수증진 공법 적용시 실리카(SiO₂) 나노입자의 분산 안정성을 높이기 위해 사용되는 GPTMS((3-Glycidoxypopyl)trimethoxysilane)의 중합 반응을 정량적으로 분석하였다. 시료를 제조하기 위해 용액 상태의 SiO₂에 0~2.0 mmol/g의 GPTMS를 투입하고 70℃에서 24시간 동안 반응시켰다. 이후 미반응 GPTMS를 제거하기 위해 에탄올과 물이 4:1 비율로 섞인 솔벤트를 이용해 3회의 세척 과정을 반복하고 건조하였다. 건조된 시료의 원소분석(elementary analysis, EA)을 통해 시료의 원소량을 정량화하고 푸리에변환적외선분광법(Fourier transform infrared spectroscopy, FTIR)을 이용해 FTIR 스펙트럼을 도출하였다. 탄소의 질량비는 GPTMS의 투입 농도에 따라 증가했으며, 2 mmol/g 이하의 농도에서는 이론적으로 계산되는 SiO₂의 표면 부착 최대치인 0.73 mmol/g 내에서 반응하는 것을 확인하였다. FTIR 스펙트럼 분석 결과, 표면개질을 의미하는 C-H 신축 진동에 의한 피크(2,950 cm⁻¹)가 최저 농도인 0.1 mmol/g에서부터 확인되었으며, 0.5 mmol/g 이상의 농도에서 피크의 형태가 두드러지게 나타났다. 따라서, 2.0 mmol/g 이하의 농도에서는 GPTMS의 투입량 변화에 따라 중합 반응이 비례적으로 증가함을 확인하였으며, 이를 통해 맞춤형 나노유체 제조가 가능할 것으로 기대된다.

사 사

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

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

인공지능을 활용한 CO₂-물 용해도 예측모델 구축

한진주^{1*}, 이영수¹, 김주현²

¹전북대학교 자원·에너지공학과

²서울대학교 에너지자원신기술연구소

Building a Prediction model for CO₂-Water Solubility using Artificial Intelligence

Jinju Han^{1*}, Youngsoo Lee¹, Juhyun Kim²

¹Jeonbuk National University, Department of Mineral Resources and Energy Engineering

²Research Institute of Energy and Resources, Seoul National University

요 약

온실가스 감축을 위한 CO₂지중저장기술(CCS, Carbon Capture and Sequestration)은 CO₂를 안정적으로 격리·저장할 수 있는 실용적이고 효과적인 방법으로 알려져 있음. CO₂지중저장을 위해 심부 대염수층, 고갈 유·가스전, 유·가스전 등에 주입된 CO₂는 구조, 잔류, 용해, 광화트랩의 메커니즘 형태로 저장되며, 각 메커니즘에 의한 격리량은 대상지층의 특성과 시간에 따라 변화함.

이 연구에서는 인공지능기법을 이용하여 물(지층수) 내 CO₂ 용해도(Solubility) 예측모델을 구축하고자 하였음. CO₂의 물에 대한 용해도는 다른 가스들에 비해 큰 특징을 가지고 있으며, 대표적인 영향인자로는 온도, 압력, 염도(물 내 이온종류) 등이 있음. 이를 참고하여 문헌조사를 통해 CO₂-물의 용해도와 관련된 데이터를 확보하여 데이터베이스를 구축한 후, 이 중 대규모 CCS 및 CO₂ EOR(Enhanced Oil Recovery)이 행해진 실제현장의 온도·압력조건을 참고하여 2,407개의 데이터들을 선택하여 예측모델을 위한 데이터로 사용하였음.

모델구축 전 학습효율과 모델의 정확성을 향상시키기 위해 데이터를 전처리(분포도 변환, 표준화, 이상치 제거, 정규화)하였음. 전처리된 데이터셋의 80%를 학습자료, 25%를 검증자료, 20%를 테스트자료로 이용하도록 설정하였음. 모델은 4 개(온도, 압력, 물의 염도, 물 내 이온세기)의 입력자료를 받으며, CO₂ 용해도 한 값을 출력함. 모델의 hidden layer와 뉴런 수, 활성화함수, 가중치초기화, 배치정규화, 가중치합소, 드롭아웃 적용 등을 조절하며 최적의 모델을 구축하고자하였음.

최고성능을 나타낸 모델은 input/hidden layer들의 활성화함수로 ReLU가 사용되었으며, CO₂-물 용해도의 실제 값과 예측 값 간의 결정계수(R-square)는 0.9755 가짐. 또한 모델을 이용한 예측값은 8.33%의 절대평균오차와 1.51%의 평균제곱오차로 비교적 낮은 오차의 성능을 보였음.

사 사

이 논문은 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업지원(No. 2019R1I1A1A01058786)과 2021년도 과학기술정보통신부의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원(No.2021-0-02129)을 받아 수행되었음.

혼합 액체 탄화수소 안정성 평가

정윤성*, 이철호*, 이종완*, 이정민*, 배현길**, †김용두**

*한국나노가스 나노기술연구소, **한국표준과학연구원 가스분석표준그룹

Long term stability evaluation of primary reference gas mixtures for liquid Hydrocarbon

Yunsung Jeong*, Chulho Lee*, Joungwan Lee*, Jeongmin Lee*, Baehyun Kil**,
†Yongdoo Kim**

**Nanotechnology Institute, Korea Nano Gas*

***Gas Metrology Group, Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS)*

요 약

액화석유가스(Liquefied Petroleum Gas)는 탄소와 수소의 화합물로서 화석연료인 석유성 에너지에 속하며, 프로판(C_3H_8)과 부탄(C_4H_{10})으로 구분되어있고 전 세계적으로 산업용 및 에너지 가스로 사용되고 있다. 액화석유가스는 다른 석유제품에 비해 탄소 배출이 적은 에너지원으로 청정에너지로서 중요한 에너지원이 될 것이라 예상된다. 또한 프로판은 에너지 원료로 사용될 뿐만 아니라 석유화학제품 원료로도 사용이 가능하다. Ethylene, Propylene, Butene과 같은 올레핀 합성을 위한 화학 산업의 유망한 공급 원료이다. LPG의 정확한 함량을 확인하기 위하여 혼합 액체 탄화수소 표준가스 개발이 요구된다.

혼합 액체 탄화수 표준가스를 개발하기 위하여 ISO-6142를 이용하여 중량법으로 제조하였다. 제조된 표준가스의 안정성을 확인하기 위하여 가스크로마토그래피의 불꽃이온화검출기를 이용하여 분석하였고, 2019년, 2021년에 제조된 표준가스를 사용하여 안정성 실험을 하였다. 장기안정성을 평가한 결과 0.03 % - 0.41 % 범위 내에서 안정함을 확인하였다. 따라서 혼합 액체 탄화수소 표준가스는 2년 안정함을 보여 향후 LPG 품질관리용으로 사용되어질 것이다.

CFD 전산모사 방법을 활용한 대용량 수소탱크 충전율 평가

허승민, 박병흥

한국교통대학교 화공생물공학전공

Evaluation of State of Charge in Large Capacity Hydrogen Tank by using CFD Comutational Simulation

Seung Min Heo, Byung Heung Park*

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

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

요 약

현재 환경문제로 인해 탄소 중심의 경제체제에서 수소 중심의 경제체제로 도약을 준비하고 있다. 수소 산업의 수송분야에서는 수소 트럭에 기대를 받고 있다. 수소 트럭은 전기 트럭에 비해 연비가 좋으며 충전속도 또한 빠르다. 이러한 강점이 돋보이기 위해서는 많은 충전 인프라 구축이 시급하다. 하지만 수소 충전소 건설비용이 비싸 인프라 구축이 쉽지 않다. 이 해결점은 고속 충전을 통해 연료 충전 순환을 빠르게 하는 것이다. 본 연구에서는 SAE J2601의 프로토콜을 참고하여 트럭에 사용되는 대용량 수소 저장 탱크를 다양한 초기 조건에서의 충전 중 온도 분포, 탱크 내 유동 모사하였다. 시뮬레이션을 수행할 때 프로그램 내 수소 물성에 대한 자료를 바탕으로 개발된 상관관계식을 사용하여 전산유체모사를 수행하였다. 계산된 결과 온도분포는 초기엔 불균질하지만 충전이 완료됐을 때는 균질함을 보였으며 탱크 내 평균온도와 탱크 내 최대온도의 차이(약 3℃)는 크지 않았다. 추가적으로 충전율 정보를 보여주는 SOC(State of Charge) 값을 확인하여 충전 진행에 문제가 없는지 확인하였다.

감사의 글

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

화학물질 반응성별 분리 보관 방안에 관한 연구

손남정, 김신의, 윤철희, 박소민, 이근원*, 김용필**

아주대학교 환경공학과, *아주대학교 환경안전공학과, **되고시스템

A Study on the Separation and Storage by Chemical Substances Reactivity

Namjeong Son, Shineui Kim, Cheolhee Yoon, Somin Park, Keunwon Lee*,
Yongpil Kim**

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

요 약

최근 국내 과학기술분야 연구실 뿐만 아니라 연구활동종사자의 규모가 증가하였다. 급속한 연구환경의 변화에 따라 위험요소는 매우 다양화 되고 있으며 연구실의 사고는 지속적으로 발생하고 있다. 최근, 대학에서 발생한 연구실 사고의 68%는 화학물질 관련 사고이며 폐액 또는 폐기 처리시 화학물질의 이상반응이 주된 원인으로 전문가들은 지적하고 있다. 2019년 연구실 안전 실태조사 결과에 따르면 대학의 정밀안전진단 결과 화공안전분야에서 시약의 성상별 분리보관 사항이 미준수 비율로 가장 높았다. 시약의 성상별 분리 보관은 화학물질 간의 혼합 위험성, 즉 반응성에 의한 화재 및 폭발, 독성 가스의 발생 등 다양한 사고를 일으킬 가능성이 존재하기 때문에 연구활동종사자에게 정확한 정보 전달 및 제공의 필요성이 있다.

본 연구에서는 CRW(Chemical Reactivity Worksheet), Cameo 등 개별적인 화학물질의 반응 위험성을 볼 수 있고 화학물질이 혼합되어 일어날 수 있는 위험성을 예측하는데 사용되는 소프트웨어를 활용하여 반응성을 검토하였다. 특히, 연구실 사고의 주요 발생 원인으로 판명되었던 아세트산과 질산, 황산과 질산의 반응성을 차트로 확인해 보았다. 이를 바탕으로 국내 위험물안전관리법 시행규칙 별표 19에서 나누고 있는 기준, 스탠포드대학의 Chem Tracker 시스템을 활용하여 화학물질의 분리보관 기준을 제시하였다. 화학물질 간의 반응 위험성 검토 시 기초자료로 활용될 수 있을 것이며 연구실 사고예방 및 사고 발생 시 대응 전략 수립에 활용될 것으로 기대한다.

- 본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0012787, 산업혁신인재성장지원사업)

탱크 용량에 따른 수소 충전 시 수소 저장 탱크 내 온도 및 유동 해석

김권수, 박병흥*

한국교통대학교 화공생물공학전공

Analysis of Temperature and Flow during Hydrogen Filling with Capacity of Tank

Gwon Soo Kim, Byung Heung Park*

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

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

요 약

해외 또한 국내에서도 수소 연료전지 차량의 보급은 확대될 전망이며 수소 충전 과정은 수소 연료전지 차량의 안전에 매우 중요하다. 수소 충전 과정은 신속하고 안전하게 적정량의 수소를 공급해야 하며 수소 충전 프로토콜은 이러한 기준들을 제시하여 수소 충전 시 안전을 보장하는 동시에 수소 충전 성능을 극대화하고 있다. 하지만 수소 충전 프로토콜은 탱크 내에서의 온도를 위치에 상관없이 동일한 것으로 가정하고 있다. 그렇기 때문에 탱크 용량 별 온도 분포 모사가 이루어져야 한다. 본 연구에서는 수소 충전 프로토콜의 LT(Look-up Table) Method를 적용해 수소 충전 과정을 시뮬레이션하였다. 이를 통해 다양한 공급 조건 및 초기 조건에 대해 충전 과정 중 모든 탱크 내 위치와 시간에서의 온도 변화, 압력, SOC를 정확하게 계산할 수 있다. 계산된 결과 수소 탱크의 수직 방향으로 -40°C 로 들어오는 수소 기체와 탱크 내의 존재하는 수소 기체의 온도 차에 의해 계층화가 모사되었다. 이 계층화의 크기는 초기 압력이 낮을수록 증가하는 것으로 나타났다. 마찬가지로 최대 온도 지점의 온도 변화와 평균 온도 변화의 차이도 초기 압력이 낮을수록 증가하는 경향을 나타냈다.

감사의 글

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

공기 조성의 저농도 이산화탄소 표준가스 개발 방법

이환, 강지환 이진복, 김용두, 배현길, 김진석

한국표준과학연구원

Development method of low concentration carbon dioxide certified reference material of air composition

Hwan Lee, Jihwan Kang, Jinbok Lee, Youngdoo Kim, Hyunkil Bae, Jinseog
Kim

Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS)

요 약

이산화탄소의 대기 농도는 나날이 상승하고 있다. 400 $\mu\text{mol/mol}$ 미만의 이산화탄소 농도는 2000년 이후 자취를 감췄으며, 최근에는 500 $\mu\text{mol/mol}$ 수준까지 근접하고 있다. 이산화탄소의 농도 증가로 인해 지구 온도가 동반 상승하면서 과거와 비교해 섭씨 1도 이상 오른 것으로 보고되었고, 전 세계에서는 온실가스 배출량을 줄이기 위해 노력하고 있다. 한편 대기 중 이산화탄소 농도를 정밀 측정하기 위해서는 대기 조성의 바탕가스로 이루어진 이산화탄소 표준가스가 필요하다. 현재 대기 중 이산화탄소의 농도는 평균 430 $\mu\text{mol/mol}$ 수준이며, 이를 바탕으로 국내 기업들에서는 대기 조성으로 이루어진 370~1,000 $\mu\text{mol/mol}$ 수준의 정확한 이산화탄소 표준가스를 요구하고 있다. 하지만 자연 상태의 매트릭스(matrix, 공기 조성) 영향으로 이산화탄소 표준가스 제조가 어려우며, 대기 중 이산화탄소 농도가 이미 400 $\mu\text{mol/mol}$ 을 넘어선 상태에서 대기 조성으로 이루어진 370 $\mu\text{mol/mol}$ 수준의 낮은 농도 이산화탄소 표준가스를 공급하기에는 힘든 면이 있다.

본 연구에서는 자연 상태의 공기 조성 비율을 유지하고, 낮은 농도의 이산화탄소 표준가스를 제조하기 위해 두 가지 방법을 비교하였다. 첫 번째 방법은 극저온 상태에서 공기 중 이산화탄소를 제거하는 방법과 이산화탄소 저감장치를 이용한 제거방법 등을 비교 평가하였다. 개발된 대기 농도보다 낮은 이산화탄소 표준가스는 향후 우리나라 산업체에 보급될 예정이다.

수소 취성 시험 평가를 위한 수소 방출 방지용 비수계 아연(Zn) 도금

전준혁¹, 박상환¹, 장종관^{2*}

한국건설생활환경시험연구원, *에드캠투

Non-aqueous Zinc(Zn) Plating to Prevent Hydrogen Release from Test Specimens in Hydrogen Embrittlement Test

Jun-Hyuck Jeon¹, Sang Hwan Bak¹, Jong Gwan Jang^{2*}Department of Metal Machinery, Korea Conformity Laboratories, Incheon 21591, Korea¹*Adchemto, Gwangju 62271, Korea²

요 약

아연은 인체에 유해한 카드뮴을 대체하여 금속재료에 수소가스가 침투하거나 금속 재료 내부로부터 수소가 누출되는 것을 방지하기 위한 친환경 코팅 재료로 주목받고 있다. 일반적으로 수성 및 산성 분위기에서 수행되는 아연(Zn) 및 아연 합금의 전기 도금은 낮은 쿨롱 효율, 부식 및 수소 누출과 같은 단점이 있어 산업적 이용이 어렵다.

본 연구에서는 염화콜린과 에틸렌글리콜을 이용하여 Deep-eutectic solvent를 합성하고 이를 용매로 사용하여 아연 도금용 전해질을 제조하여 STS 304 기판 위에 전기 도금하였다. 주사전자현미경(SEM)과 원자힘현미경(AFM)을 이용하여 표면 미세구조와 조도를 관찰하였다. X선회절분석(XRD)을 이용하여 도금 막의 결정구조를 분석하였다. 마지막으로 수소를 주입한 STS 304 기판에 최적화된 Zn 도금액을 코팅한 시료의 수소 방출 방지 효과를 분석하였다.

Abstract - Zinc is emerging as a environment-friendly plating material to replace cadmium, which is harmful to the human body, to prevent hydrogen gas penetration or release from metal materials. Electroplating of Zn and Zn alloys, which is usually performed in an aqueous acidic atmosphere, has disadvantages such as low coulombic efficiency, corrosion, and hydrogen release, resulting in industrial use difficult.

In this study, a deep-eutectic solvent was synthesized using choline chloride and ethylene glycol. Using this as a solvent, an electrolyte for Zn plating was prepared, and then zinc was plated on the STS 304 substrate. The surface microstructure and roughness were observed using SEM and AFM. The crystal structure of the electro-plated film was analyzed using XRD. Finally, the preventing effects of hydrogen release through Zn-based deep-eutectic plating on the STS 304 substrate were compared with the uncoated substrate.

Keywords : Deep-eutectic solvent, Non-aqueous, Zinc plating, Hydrogen release, Hydrogen embrittlement

수소전기트램용 내압용기 기술기준 개발에 대한 연구

전재혁, 민주홍, 오동현
(재)한국화학융합시험연구원

Research on the Development of Gaseous Hydrogen Fuel Containers Technical Standards for Trams

Jae hyeok Jeon, Ju-Hong Min, Dong-hyun Oh
Korea Testing & Research Institute

요 약

수소전기트램은 수소를 구동에너지로서 사용하는 수소 연료전지 노면열차로 도로 위의 선로를 따라 운행되며 기존 유가선 방식의 문제점인 도시미관 저하, 고압 전력 인프라 유지 비용 절감, 감전사고 등의 문제점들을 해결할 수는 무가선 방식으로 최근 들어 새로운 도시 교통 수단으로 국내외 시도 되고 있는 추세이다.

하지만 수소열차 및 트램이 운행되기 위해서는 수소를 연료로 활용하기 위한 고압 가스 저장방식에 대한 안전성 확보, 법적인 규제 마련, 충전 인프라 구축 등 아직까지 많은 부분에서 기술개발 및 규제제정이 필요한 실정에 있다.

이중 규제와 관련해서는 수소차 및 전기버스 등은 자동차관리법 내압용기 및 안전 부품 행정규칙 인 “자동차용 내압용기 안전에 관한 규정” 에 따라 법적인 기술기준이 마련되어 있으나 노면 열차에 해당하는 트램의 경우 국토 교통부 철도안전법 등에 관련 법적 기술기준이 아직까지는 마련되어 있지 않은 상황이다.

따라서 본 연구에서는 수소전기트램용 내압용기 및 안전부품들에 대한 국내외 법령 및 기술기준들을 비교 검토하고 최근 유럽에서 제안 중인 수소전기열차의 내압용기 관련 “IEC NP 63341-2 RAILWAY APPLICATIONS - ROLLIN STOCK - FUEL CELL SYSTEM FOR PROPULSION - Part 2: Hydrogen Storage System” 비교 분석하여 국내 규정 및 상황에 적합한 기술표준안을 마련하는데 기여하고자 하였다.

Keyword : 수소, 수소전기트램, 내압용기, 밸브 및 안전부품, 수소열차

대규모 수소 지중 저장 기법 연구

김규현, 송영수, 전성준, 왕지훈
한양대학교

Review of Underground Hydrogen Storage Method

Kyuhyun Kim, Youngsoo Song, SungJun Jun, Jihoon Wang
Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University

수소에너지는 2050년 우리나라의 최종 에너지 소비량의 21%를 차지하여 차세대 주요 에너지원이 될 전망이다. 수소에너지의 정착을 위해서는 경제성 있는 수소의 생산뿐만 아니라 저렴한 수송 및 저장 기술의 발전 또한 중요하다. 수소 지중 저장 기법(UHS, Underground Hydrogen Storage)은 대규모 수소를 안정적으로 저장할 수 있는 유일한 기법이다. 수소 지중 저장을 위해서는 적합한 지중 구조의 발견과 안정적인 운영 기술 확보 등이 요구되지만 세계적으로도 이 분야의 연구는 초기 단계에 머물러 있다. 본 연구에서는 수소 지중 저장 구조로 활용 가능한 지중 구조들을 조사하고, 각 구조의 특성을 분석하였다.

수소 지중 저장 구조는 수소 저장 사례의 유무에 따라 전통적 방법(Conventional Method)과 비전통적 방법(Unconventional Method)으로 분류된다. 먼저, 전통적 방법에는 암염공동(Salt caverns), 대수층(Aquifer), 고갈된 유·가스전(Depleted oil and gas reservoir)이 있으며, 저장된 수소의 유출 가능성이 낮아 상대적으로 안정적인 저장 구조라고 할 수 있고 현재 미국, 유럽 등 다양한 지역에서의 사례가 존재한다. 반면, 전통적 방법이 불가할 경우, 수소가 아닌 기체 상태의 에너지를 저장한 사례가 있는 폐탄광(Abandoned coal mine), 라이닝 공동(Lined hard rock caverns), 저온의 공동(Refrigerated mined caverns)을 대안으로 사용할 수 있으며, 이를 비전통적 방법으로 분류한다. 비전통적 방법은 기체의 저장 가능성은 확인되었으나 수소를 저장한 사례가 존재하지 않아 추가적인 연구가 필요하다. 국내 적용성을 고려할 때, 대수층과 폐탄광을 잠재적 후보군으로 하여 연구 수행이 필요하다 할 수 있다.

사 사

이 논문은 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원을 받아 수행된 연구임 (2021060002, 디지털오일필드)

참고문헌

- [1] Muhammed, N. S., Haq, B., Al Shehri, D., Al-Ahmed, A., Rahman, M. M., & Zaman, E. (2022). A review on underground hydrogen storage: Insight into geological sites, influencing factors and future outlook. *Energy Reports*, 8, 461-499.
- [2] Tarkowski, R. (2019). Underground hydrogen storage: Characteristics and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 105, 86-94.

암모니아 누출에 의한 사고피해 영향 범위와 안전대책

윤종빈, 김다희, 정승호[†], 이근원

아주대학교 환경안전공학과

Safety Measures and Range of Damage Effects of Ammonia Leakage Accidents

Jong Bin Yoon, Da Hee Kim, Seungho Jung[†], Keun-won Lee

Department of Environmental and Safety Engineering, Ajou University

[†] Corresponding author : processsafety@ajou.ac.kr

암모니아는 비료, 화약, 세제, 냉매, 수소의 운반 수단 등 여러 화학 공업 원료로 사용된다. 이로 인해 매년 암모니아의 사용량이 증가하면서 지속적으로 폭발 및 누출사고가 발생하고 있다. 또한, 암모니아는 피해영향범위 내에서 고농도의 경우 피부염을 유발하고 호흡 곤란과 기관지염이 발생할 수 있다. 따라서 암모니아의 누출에 의한 영향 범위를 파악하고 안전 대책을 마련하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 암모니아를 위험성 물질로 정하고 방류벽의 유무에 따른 사고 시나리오를 선정하였다. 공정온도, 누출공 직경 및 높이 등을 설정한 후, DNVGL 사의 PHAST 프로그램을 활용하여 누출공 크기에 따른 ERPG-2 결과를 해석하였다. 방류벽의 유무에 따라 Max footprint, Side view의 변화와 Lethality를 비교 분석하였고 ignition point의 위치에 따른 폭발 반경을 확인하였다.

피해영향범위를 산정해본 결과 누출공 4 inch, 방류벽 유무에 따른 ERPG-2(150 ppm)에서 footprint가 약 78 % 감소하였고 누출공 4 inch, 방류벽 유무에 따른 폭발 반경에서는 약 72 % 감소하였다. 또한 방류벽 유무에 따른 폭발 반경과 화재 시 이격거리 반경을 확인해보았으며 사고 시나리오에서 설정한 표준 공정온도(8 ℃)와 표준기온(25 ℃)에서의 결과뿐만 아니라 최저/최고 기온에 따른 공정 온도 별 거리를 비교함으로써 다양한 온도 조건에서의 사고 결과를 예측할 수 있었다.

수소버스 구동 시스템 통합성능 평가장비 개발

손교은, 홍덕수, 백수민, 이민규, 김석진

지엔씨오토

Development Integrated Performance Test Equipment for Driving System of Hydrogen Fuel Cell Bus

GyoEun Son, DuckSoo Hong, SuMin Baek, MinGyu Lee, SeokJin Kim

gncauto

요 약

수소 차량 구동계의 출력은 단위 부품의 성능이 아닌 모듈을 구성하는 부품들이 결합하여 통합성능으로 나타난다. 현재 국내의 수소버스의 성능은 단일 구동모터 출력은 100~200kW급이며, 토크는 300~500 Nm 수준이다.

전 세계적으로 전기모터의 연구개발이 활발히 진행됨에 따라 모터의 최대 속도가 빠르게 증가하고 있고, 현재는 대략 10,000~15,000rpm 수준이다.

전기모터로 고중량의 버스를 구동하기 위해서는 바퀴로 전달되는 토크의 증대가 필요하며, 대략 15:1 정도의 기어비가 적용되어 최종적으로 한 개의 바퀴에 전달되는 토크는 약 1만 뉴턴 이상이 된다.

원동기 출력뿐만 아니라 주요부품 및 수소버스 차량의 구동계에 대한 통합성능을 평가하기 위해서는 1만 Newton 이상의 고토크 다이نام오와 20,000rpm 이상의 고속 다이نام오 시스템, 배터리 시뮬레이터, 연료전지모델 등의 구성이 필요하므로 기존의 다이نام오 시스템과는 다른 개념의 통합성능 평가시스템 개발이 필요하다.

본 연구에서는 수소버스 구동 시스템 통합성능 개발부품의 System Integration과 주요 부품의 형상 및 사양, 그리고 다양한 평가 Application을 제시하였다.

본 연구는 정부 과제 “수소버스 안전성 평가기술 및 장비개발” 사업의 연구결과로써 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행되었다.

실리카나노유체에서 입자농도가 오일회수에 미치는 영향

손한암, Joseph Iranzi

부경대학교

The effect of nanoparticles (NPs) concentration on silica nanofluids flooding for oil recovery

Hanam Son, Joseph Iranzi

Pukyong National University

요 약

이 연구에서는 오일회수를 위해 암석 내부로 실리카 나노유체(나노입자가 수상에 분산된 유체)를 주입할 때, 나노입자의 농도가 오일 회수에 미치는 영향에 대해 분석했다. 실험에 사용된 모든 나노유체는 22 nm 크기의 실리카입자에 양쪽 이온성 계면활성제를 혼합한 것이다.

베레아사암에서 나노유체 주입실험결과, 나노입자농도가 0.1~2.0 wt% 범위 내에서 증가함에 따라 오일 회수가 증가하는 경향을 보였다. 이 결과는 계면 장력 및 접촉각의 변화, 주입압력 상승과 관련성이 있다. 계면 장력은 입자농도가 2.0 wt% 까지 증가함에 따라 계속 감소했다. 2.0 wt% 이상에서는 농도 증가와 함께 계면장력이 더 이상 감소하지 않으며 오히려 소폭 증가했다. 이러한 현상은 농도가 증가하면서 반데르발스 인력이 증가하게 되고, 이러한 인력이 정전기적 인력보다 나노입자에 더 큰 영향을 주어 계면에너지를 증가시켰기 때문으로 판단된다.

또한 암석을 0.1~2.0 wt% 농도의 나노유체로 포화시킨 후 오일을 떨어뜨려 접촉각을 측정한 결과, 입자의 농도가 증가함에 따라 접촉각이 증가(암석표면이 친수성)으로 변화됨을 관찰하였다. 이러한 현상은 암석 표면을 따라 더 많은 양의 나노입자가 분포하면서 암석표면이 보다 친수적인 상태로 변화함과 동시에 암석/오일/나노유체가 만나는 지점에서 더 많은 실리카입자가 유입하면서 접촉각을 변화시켰기 때문으로 판단된다. 추가적으로 입자의 농도가 높을수록 주입압력이 상승하였다. 이러한 결과는 공극표면에 입자가 잔류했기 때문이며, 입자가 잔류함에 따라 공극내에서 주입정체(log jam)현상으로 인해 접촉효율이 높아지며 오일회수가 증가할 수 있다. 따라서 나노입자의 농도가 증가할수록 계면장력 변화, 암석표면의 습윤성 변화, 나노입자의 잔류에 의한 주입압력을 변화시킬 수 있으며, 이러한 효과들로 인하여 오일 회수가 증가되었다고 판단된다.

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2019R1F1A1056632)

수소저장용기 개구부의 씰링 재료에 따른 기밀성에 관한 해석적 연구

김재형, 김혜원, 신재행, 김한상

가천대학교 기계공학과

Numerical Study for Tightness on the Opening of Hydrogen Storage Tank according to Sealing Material Model

Jae Hyung Kim, Hyewon Kim, Jae Hang Shin, Hansang Kim

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

요 약

화석연료의 사용으로 인한 기후 위기를 극복하기 위하여 여러 가지 대체에너지에 대한 연구가 활발히 진행 중이며, 그중 수소는 가장 청정한 에너지이자 미래의 궁극적인 대체에너지로 주목받고 있다.

수소는 다른 화석연료에 비해 질량당 에너지밀도와 발전 효율이 높지만 부피당 에너지 밀도가 낮아 수소를 고압으로 압축하거나 액화시켜 저장을 한다. 최근 수요가 증가하면서 저장 및 이송의 효율을 위해 높은 압력으로 압축 가능한 저장용기와 고압 환경에서의 누설방지를 위한 씰링 부품에 대한 연구가 요구되고 있다. 수소 저장용기에서 수소의 누출 방지를 위하여 개구부의 플러그에는 오링(O-ring)과 같은 씰링 부품을 적용한다. 주로 고무재료로 제작된 오링은 저장 압력이 증가함에 따라 대변형이 발생하고, 공차나 틈이 있을 경우 취출(extrusion) 현상이 발생하기도 한다. 이러한 거동은 시험이나 육안으로 확인하기 어렵기 때문에 해석적 방법의 접근이 필요하며, 실제와 유사한 거동이 나타나도록 하는 재료 모델의 선정이 중요하다.

본 연구에서는 상용유한요소해석 프로그램에서 제공하는 초탄성 재료모델을 이용하여 충전 압력에 따른 변형 거동을 확인하였다. 해석 영역은 플러그가 위치한 개구부를 대상으로 하였으며, 조립 시 공차나 틈이 발행한 경우를 가정하여 충전 압력에 대한 취출의 정도를 확인하였다. 해석 결과를 기반으로 해석 재료 모델의 선정이 충전압력 증가에 따른 실제 변형 형상 파악에 핵심적인 영향을 주는 것으로 파악하였다.

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술평가관리원의 “자동차산업기술개발-시장자립형 3세대xEV산업육성 사업”의 지원을 받아 연구한 과제입니다.(NO. 20015346)

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술평가관리원의 “소재부품기술개발-패키지형 사업”의 지원을 받아 연구한 과제입니다. (NO. 20015893)

비전통 유·가스 저류층의 생산성 증진을 위한 ESP 및 튜빙 Flow loop 시스템 개발 및 적용

이승재^{*,**}, 최준호^{**}, * 이정환^{*}

^{*}전남대학교 에너지자원공학과, ^{**}광성지엠(주)

Development and Application of ESP and Tubing Flow Loop System to Improve Productivity of Unconventional Oil and Gas Reservoirs

Sung-Jea Lee^{*,}, Jun-Ho Choi^{**}, * Jeong-Hwan Lee^{*}**

^{*}Chonnam National University, ^{**}Kwang Sung G·M Co.,Ltd

요 약

인공채유(artificial lift) 기법은 전 세계 90 ~ 95%의 생산정에서 유·가스 증산을 위하여 사용되고 있으며, 이 중 전기식 수중 펌프(electrical submersible pump, ESP)는 적용성과 운영 효율이 높아 전 세계 생산정에서 운영되고 있다. 저류층에서 ESP 운영 시 온도·압력, 가스/오일비, 유량 등의 변수는 ESP 성능에 영향을 미치는 요소로서, 특히 생산유체 내 자유 가스(free gas)는 ESP의 장비 수명 및 운영 효율을 감소시키는 주요 요인에 해당한다. 이에 본 연구에서는 ESP 및 튜빙 파이프 성능에 영향을 미치는 변수를 정량적으로 분석하고자 실시간 모니터링이 가능한 ESP 및 튜빙 Flow loop 시스템을 개발하여 유동 실험 및 누수 실험을 수행했다. 개발 장치는 시스템 내 온도·압력 센서와 광섬유 케이블(optical fiber cable), 진동 센서 및 음향방출(acoustic emission, AE) 센서를 장착하여 데이터를 취득할 수 있도록 구성하였다. 기본 실험으로 개발 장치의 성능 검증을 위한 단상 유체 실험(single phase test)을 수행하였으며 45 Hz 조건 실험에서 30.45 psi의 최대 상승 압력(maximum pressure increment)과 유체 유량에 따른 상승 압력 곡선을 확인하였다. 단상 유체 실험 결과를 대조군으로, 물과 가스의 비율 조건을 달리한 2상 유체실험(two phase test) 실험을 수행하였다. 실험 유체의 가스 유량을 고정 조건으로 한 Mapping test와 물 유량을 고정 조건으로 한 Surging test에서 각각 조건별 ESP 성능이 감소하는 Surging point를 확인하였고 이를 통한 ESP의 최적 운영 조건을 확인하였다. 마지막으로, 튜빙 파이프의 상, 중, 하 지점으로 인공 누수 결합 소켓을 설치하여 위치 및 직경에 따른 튜빙 누수 실험(tubing leakage test)을 수행하였다. 이를 통하여 진동 센서와 AE 센서의 신호 추이를 비교하여 정상 상태와 누수 상태를 구분하였다. 본 연구를 통해 도출된 상태 구분 결과 데이터는 비전통 유·가스 저류층의 ESP 시스템 운영 시 장치의 최적 운영 조건 및 실시간 모니터링에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 2019년도 산업통상자원부의 제원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(No. 20192510102510).

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

수소충전소 과충전 방지를 위한 계량 불확도 실증 연구

최진영, 서호성, 이화영, 이재훈
한국가스안전공사 가스안전연구원

An Empirical Study on the Measurement Uncertainty for the Prevention of Overcharging in Hydrogen Charging Stations

Jin-yeong, Ho-seong Seo, Hwa-young Lee, Jae-hoon Lee
Gas Safety Research Institute, Korea Gas Safety Corporation

요 약

국내 수소연료전지차 생산 및 수소충전소 구축이 확대됨에 따라 수소 충전 프로세스에 대한 신뢰도 확보가 시급하다. 수소충전소의 계량 성능 평가는 디스펜서에서 수소연료전지차량으로 충전되는 충전량의 정확성을 평가하는 것으로, 수소 충전 프로세스를 확립하는 데 활용할 수 있다. 또한 수소충전소의 계량 정확도는 공급자-소비자 사이의 거래 투명성 유지뿐만 아니라, 과충전으로 인한 폭발사고 예방에도 중요하다.

현재 국내 대부분 수소충전소의 충전량 제어는 SAE J2601과 NIST에서 제시하는 식에 따라 온도·압력에 기반하여 이루어지고 있다. 그러나 충전 시 수소의 온도와 압력이 급격히 변동하므로 정확도 저하가 우려되는 상황이다. 국제법정계량기구(OIML, Organisation Internationale de Metrolgie Legal)에서 또한 연료가스 계량에 대한 최대 허용 오차를 제시할 만큼 계량 정확도는 수소사회 정착에 중요한 요소이다. 이에 따라 미국, 일본 등 해외에서도 OIML 인증을 요구하거나 허용 오차 범위를 개발하여 적용하고 있다. 반면 국내의 경우, 고압가스안전관리법에 의거 평가장치를 활용한 성능평가가 불가하다는 제도 문제로 인해 오차 파악이 불가능했다.

이에 본 연구에서는 제도적인 문제를 해결하고자 앞서 수소충전소 계량성능 평가장치를 운용하기 위한 특례기준을 제정하였으며, 나아가 정밀 저울을 활용한 질량계량법과 코리올리 유량계를 활용한 기준유량계법을 병합하여 수소충전소의 계량 성능을 복합 검증하는 방안을 제시하였다. 현재 실증을 위한 계량성능 평가장치를 구축함과 동시에 안전성 확인을 준비 중이며, 차후 연구 결과를 바탕으로 국내에 적합한 최대허용오차를 제시하고, 평가장치 운용에 대한 가이드라인을 보급할 계획이다.

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

가스사고와 아차사고 간 상관관계 분석을 통한 사고감축 방안 마련 연구

김지황

한국가스안전공사

A Study of Correlation Analysis between Near miss and Gas Accidents

Kim, Ji Hwang

Korea Gas Safety Corporation

요 약

2021년 가스사고 발생 건수는 총 78건으로, 2020년(98건) 대비 가스사고 건수가 약 20.4% 감소하였다.

이에 본 논문에서는 인명대피 및 가스공급 중단을 포함하여 인적·물적 피해를 수반하지 않는 단순 가스누출 사고인 아차사고가 가스사고 감축에 미치는 영향에 대하여 연구하고, 아차사고 발굴을 통한 가스사고 감축 효과가 있다고 판단될 경우 아차사고 확대를 통한 가스사고 감축 방향을 도모하기 위하여 실시하였다.

가스사고와 아차사고 간에 어떤 선형적 관계를 갖고 있는지는 통계적 분석 방법인 상관분석 기법을 활용하여 확인하였다. 연도별 아차사고 및 가스사고 통계를 통해 확인한 결과, 아차사고가 증가할수록 가스사고가 감소하는 경향이 나타났고 이에 따라 아차사고 발굴 활성화를 통한 가스사고 감축 가능성을 확인하였다.

아차사고 발생원인 및 누출부 분석을 통해 아차사고 발생원인별 활발/부진 사유에 대한 분석과 가스사고 위험 요소 도출을 실시하였다.

사고원인별 아차사고 발생 빈도 분석을 실시한 결과 시설미비, 제품노후 및 고장, 기타 사고원인에서는 가스사고 발생 건수 대비 아차사고 발생 건수가 많은 경향이 나타났으며, 이는 배관 및 호스연결부 누설, 밸브 노후 및 고장 등으로 인한 아차사고 발굴이 활발하였기 때문에 가스사고가 감소된 영향이 있는 것으로 분석하였다. 해당 원인들에 대한 아차사고 발굴 활발 원인으로는 가스 사용자 및 지역주민의 가스냄새 신고가 활성화되어 있기 때문으로 판단하였다.

타공사, 사용자 및 공급자 취급부주의에서는 가스사고 발생 건수 대비 아차사고 발생 건수가 적은 경향이 나타났으며, 이는 도로법상 도로 및 이동식 부탄연소기와 접합용기 등으로 인한 아차사고 발굴이 부진하였기 때문에 가스사고 억제 효과가 낮은 것으로 분석하였다.

해당 원인들에 대한 아차사고 발굴 부진 원인으로는 작업자의 가스누출 신고제도 중요성 인지부족 및 처벌 등의 불이익 우려로 인해 신고를 기피하는 경향이 존재하는 것으로 판단하였다.

아차사고 발생 제품에 대한 주요 누출부로는 가스배관 나사 접합부 및 몸체, 염화비닐호스, 압력조정기 순으로 발생 빈도가 높았고 주요 누출부에 대한 사고예방 대책 수립을 통해 사고 감축 효과가 발생할 수 있을 것으로 판단하였다.

가스보일러 배기가스 실내 유입에 따른 위험 분석

남성현, 이준희, 김완구, 최성원, 오동석, 이철우
한국가스안전공사

Risk Analysis on the Inflow of Exhaust Gas from the Boiler

Nam Sunghyeon, Lee Junhee, Kim Wankoo, Choi Sungwon, Oh Dongseok,
Lee Chulwoo
Korea Gas Safety corporation

요 약

가스보일러는 상업·산업시설, 가정과 같은 다양한 시설에서 난방 및 온수용으로 널리 사용되고 있다. 하지만, 가스보일러의 시공 및 사용환경이 불량하게 되면 배기가스에 의한 CO중독사고의 위험성이 높아진다.

가스보일러 배기가스에 의한 CO중독사고의 원인을 분류해보면, 가스보일러 설치 장소불량, 배기통 이탈, 배기통 막힘, 급배기구 설치불량 등으로 분류할 수 있다. 이 중 급배기구의 설치가 불량할 시 배기가스 실내 유입으로 인한 사고 위험성이 높아진다.

이번 연구에서는 급배기구 설치불량 사고사례 중 강제 환기장치인 급기팬을 통한 배기가스 실내유입에 의한 사고사례의 원인과 위험성을 분석하고자 한다. 급기팬에 의해 배기가스가 실내로 유입되는 과정과 실내 공기의 CO농도 변화를 확인하였다. 또한 가스보일러 연소시험과 배기통 설치상태의 확인을 통해 가스보일러 불완전연소에 영향을 주었을 인자를 추정하였다. 본 사고사례 연구를 통해 배기통 주변 강제 환기장치 영향으로 배기가스의 실내 유입이 발생할 수 있는 취약한 가스시설을 사전에 발굴하여 CO중독사고를 예방하고 사고원인 분석 등의 데이터로 활용하고자 한다.

광가속도 센서를 이용한 생산정 파이프 모니터링시스템

정호영, 송주환, 최갑록

(주)백악지오이엔씨

Well Pipe Monitoring System using Fiber Optic Accelerometer Sensors

Jeong Hoyoung, Song Juhwan, Choi Kaporck

BACKAKGEO E&C Co., Ltd.

요 약

비전통 유가스정의 생산 파이프에서 저류층의 생산주기 동안에 급격한 유동패턴의 변화를 나타낼 수 있고 생산에 따른 시추공 케이싱 변형에 대한 안정성 모니터링이 필요하다.

유가스정에서는 ESP 펌프의 성능확인 및 고장여부를 감지할 수 있는 기술은 많이 개발되어 왔지만 생산정 파이프에 대한 기술은 도입단계이다.

기존 전기식 센서는 주위의 환경적인 문제로 인해 기술적 한계 및 센서가 손상되는 문제를 가지고 있어 문제점을 극복하기 위해 광센서를 이용한 방식으로 온도, 압력을 측정할 수 있는 방식을 연구해 왔지만 온도, 압력의 측정값만으로는 생산정 파이프의 문제점을 정확히 파악하기는 어렵다.

광가속도계 센서를 이용하여 생산정 파이프의 진동가속도를 측정하고 취득된 데이터로 생산정 파이프의 누수를 판단할 수 있었다.

실험조건은 생산정 파이프에 1mm, 3mm, 5mm 홀을 가공하여 각각의 데이터를 취득하였다.

실험결과 정상적인 생산정 파이프의 가속도 최대 측정값은 0.01G였으나 5mm 홀이 있는 가속도의 최대 측정값은 0.03G로 누수량이 많아질수록 가속도 값은 크게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2019년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(No. 20192510102510)

최근 10년간 국내외 수소 사고 사례 분석

이재진, 임원섭, 류영돈

한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터

Analysis of hydrogen accidents over the past 10 years

JaeJin Lee, Wonsup Lim, Youngdon Ryou

**Energy Safety Empirical Research Center, Korea Gas Safety Corp.(KGS)
1467-51,*

요 약

2018년 수소경제 활성화 로드맵 이후, 정부는 슷차와 연료전지를 양대 축으로 수송 및 에너지 분야, Green 수소 생산 패러다임 전환, 수소 저장 및 운송체계 확립, 수소산업 생태계 조성 및 전 주기 안전관리 체계 확립으로 새로운 시장과 산업을 창출하려 한다. 2040년까지 모빌리티 구축으로 수소차 620만대, 수소충전소 1,200개소 구축, 연료전지 발전용 15GW 및 가정·건물용 2.1GW 보급, 그린수소 공급량 526만톤/년 등 목표로 하고 있다.

수소는 석유 및 천연가스의 대체 에너지원으로 수소와 산소가 결합하여 전기 및 열 에너지가 발생하고 부산물로 물이 발생하여 탄소배출 저감, 환경규제 대응을 할 수 있는 대체 에너지원이다. 하지만 가장 가볍고 반응성이 높은 연료로서 넓은 폭발범위(4 vol% ~ 74 vol%)와 LNG나 LPG에 비해 6배 빠른 화염속도(325 cm/s)를 가진 점화 및 폭발사고 위험성이 높은 가스로서, 화염을 육안으로 식별하기 어렵기 때문에 안전관리에 만전을 기해야 한다.

수소차 및 수소 충전소가 확산되고 산업에서 본격적으로 수소를 사용하게 됨에 따라 수소 관련 사고가 증가하고 있고, 이에 대한 수소안전관리가 큰 이슈가 되고 있다. 본 연구에서는 최근 10년간 국내외 수소 사고 사례를 분석하여 사고가 난 장소 및 사고 원인을 파악하고, 수소가스사고 시나리오를 분석하여 향후 안전한 수소경제를 위한 방향성을 제시하고자 한다.

벤트 스택을 통한 고압 수소 분출·확산 연구

조재근, 류영조, 류영돈

한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터

Study on High Pressurre Hydrogen Emission and Diffusion through the Vent Stack

Jaegun Jo, Youngjo Ryu, Youngdon Ryu

Energy Safety Empirical Research Center, Korea Gas Safety Corp.(KGS) 1467-51,

요 약

정부는 “세계 최고수준의 수소경제 선도국가로 도약”을 목표로 2040년까지 수소충전소 1,200개소 설치, 연료전지 17.1GW 보급 등 수소경제 활성화를 위한 로드맵(‘19.1)을 발표하였다. 이후 수소충전소, 생산기지 등 관련 시설의 구축이 속도감 있게 진행되었고 그에 따른 안전관리 법령 및 제도의 마련 또한 시급한 정책과제로 대두되었다. 특히 강릉 과학단지 수소탱크 사고(‘19.5), 노르웨이 충전소 폭발사고(‘19.6) 발생에 따른 국민들의 우려를 불식시키기 위해 시설·기술기준을 마련하고 안전기술을 개발 등 수소설비의 안전성 확보를 위한 수많은 노력들이 진행되고 있다.

수소충전소, 액화수소 플랜트, 연료전지 주거단지 등 고압의 수소를 저장 및 사용하는 시설은 기준이상의 과압으로부터 고압 수소 계통을 보호하기 위하여 안전밸브 또는 파열판 등의 안전장치를 설치하여 운영하고 있다. 또한 이런 안전장치에서 배출된 수소를 연소처리하지 못하고 대기로 방출할 경우 벤트스택을 통하여 안전하게 방출 및 확산시킴으로써 화재·폭발을 예방할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 벤트스택을 통해 고압수소를 대기 중에 방출시킴으로써 벤트스택 주위 수평·수직방향의 농도분포와 확산범위를 알아보고자 한다. 분출구의 형상, 설치높이, 센서 설치위치, 방출압력 등을 변화시킴으로써 각 조건에서의 수소 확산운동 양상 및 폭발위험도 등을 파악 및 비교·분석해보고 향후 그 결과를 바탕으로 벤트스택의 최적설계안을 도출을 통한 새로운 설치기준안을 제시할 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 한국에너지기술평가원의 연구비 지원으로 수행되었습니다(과제번호: 20215810100020).

수소·공기 혼합 비율에 따른 폭발 피해 영향에 관한 연구

허승건, 김광석, 임원섭

한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터

Effect of the Hydrogen nation in air mixture on the consequence of explosion

Seung-Geon Heo, Kwang Seok Kim*, Wonsup Lim**

Energy Safety Empirical Research Center, Corporation

Yeongwol-gun 26203, Korea

현재 국내 수소충전소 및 수소 관련 인프라가 증가하고 있으나 그에 비해 수소 누출을 가정한 폭발에 관한 국내의 실증 연구가 턱없이 부족한 상황이다. 따라서 증가하고 있는 수소 인프라에 대한 안전성을 향상시키기 위해서는 폭발에 대한 안전거리 확보가 필요하다.

수소는 밀도가 공기에 비해 낮아서 누출 되자마자 상승하므로 폭발의 위험이 LPG 또는 도시가스보다 낮다고 주장하여 왔다. 그러나 수소충전소 등에서 대량의 수소가 누출될 경우 지표면 잔류시간이 상당할 것으로 예상되며 누출된 수소는 공기와 혼합하여 방폭구역을 넘을 가능성이 매우 높다. 특히, 초고압 수소를 취급하는 수소충전소 등에서 설비의 미세한 균열이나 연결부분에서 수소가 누출되어 방폭구역 밖에서 점화원과 접촉하여 폭발할 경우 막대한 피해 발생이 예상되므로 폭발원에서 거리에 따라 피해의 크기를 예측하고 대비책을 미리 마련하는 것이 매우 중요하다.

본 연구에서는 공기로 채워진 9.4 m크기의 챔버 안에 수소가스를 주입하여 수소 혼합비가 10, 20, 30, ..., 40%인 수소-공기 혼합가스를 제조하고, 강제로 폭발하여 폭발 원점으로부터 거리에 따른 폭발 과압을 측정하는 실험을 실시하였고 결과를 나타내었다.

가스별 누출폭발시 방호벽에 따른 폭발압력 변화 연구

이현우, 이주현, 김광석
한국가스안전공사 화재폭발연구부

Research for Variation of Explosion Pressure According to Variety of Gas

Hyeon u Lee, Ju Heon Lee, Kwang Seok Kim
Fire Explosion Research Department, Korea Gas Safety Corporation

수소는 세계적 탄소중립과 관련하여 각광받고 있는 친환경 연료로 화석연료를 대체 할 차세대 에너지로 주목받고 있다. 이에 현재 국내 에서는 정부의 수소경제 활성화 로드맵에 따라 수소 교통 인프라 확대를 하고자 수소자동차의 수요와 공급이 늘어남에 따라 수소충전소의 구축의 필요성이 증대하고 있다. 이에 따라 수소충전소를 대 폭 보급하기로 하였으나 수소탱크 폭발사고 등으로 인해 수소충전소 안전에 대한 우려가 커지게 되었다. 이에 따라 가스 누출 폭발로 인한 방호벽의 종류에 따라 피해저 감 안전거리를 도출하기 위해 비닐텐트를 이용한 누출폭발 실험을 실시하였다.

본 실험에서는 8.64m³ 크기의 가스텐트 안에 수소, LPG, LNG, 가스를 주입하여 폭발을 일으켜 중심부 농도를 기준으로 폭발 시켰다. 텐트중심부로 2.5m, 5m 거리에서 폭발압력(입사압)을 측정하였다. 각각의 측정마다 개방된 상태와 방호벽을 설치한 상태의 압력을 측정하였고, 방호벽은 고압가스 안전관리법 상의 방호벽 3종류 철근콘크리트, 강철제(6T, 3.2T보강재)를 설치하였으며, 스트레인지지로 변형률을 측정하였다. 세 종류의 방호벽 모두 가스 누출폭발에 의한 변형은 없었으며, 스트레인지지로 측정한 결과 수소의 경우만 일부 변형이 발생하였으나 미미하였다. 본 실험에서는 개방된 공간에서의 가스 누출폭발에 의한 압력으로는 방호벽이 안전하였음을 확인하였다.

본 연구는 한국에너지기술평가원의 연구비 지원으로 수행되었습니다(과제번호: 20215810100020)

수소전기차 연료전지 성능 평가기준 연구

전현진, 김광일, 이현우, 조성우, 이호식*, 김용훈**
한국교통안전공단 자동차안전연구원, *테너지, **충남대학교

Research on Performance Regulation for HFCV Fuelcell

Hyeonjin Jeon, Kwangil Kim, Hyunwoo Lee, Seongwoo Cho,
Hosik Lee*, Yonghun Kim**

*Korea Automobile Testing&Research Institute, Testing&Research Division,
200, Samzon-ro, Songsan-myeon, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, Korea*

**TENENERGY, Green Mobility Team, 145, Gwanggyo-ro, Yeongtong-gu,
Suwon-si, Gyeonggi-do, Korea*

***Chungnam National University, Mechanical Engineering department, 99
Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea*

요 약

세계 주요 국가들은 탄소중립 실현을 위해 수소에너지를 주 에너지로 사용하는 청정에너지 사회로 전환하려는 노력을 하고있으며, 우리나라는 수소경제 활성화 로드맵을 발표하고 수소차 보급확대를 위한 공격적인 목표를 수립하였다. 이러한 보급정책의 성공적 추진을 위한 필수 선결과제는 수소 에너지원 및 수소차 기술에 대한 신뢰 확보이다. 자동차 출력은 구동시스템 전체가 안전상 완전한 상태일 때 정상수준을 안정적으로 유지할 수 있어 안전성 확보를 위한 중요한 평가기준 인자이며, 연료전지 성능에 대한 표준(Standard)은 국제전기표준회의에서 연구되고 있으나 자동차 안전기준(Regulation)으로의 연구 및 기준정립은 전세계적으로 수행된 바가 없다.

본 연구에서는 수소전기차 차량 및 연료전지 시스템 단위 성능 평가 데이터를 기반으로한 연료전지 최고출력의 명확한 평가기준과 장기적 작동성능을 확보할 수 있는 기준개발에 대한 방향을 제시한다. 수소차 핵심장치인 연료전지의 성능 평가기준 정립은 자동차의 안전한 개발을 유도하여 수소전기차의 체감형 실주행 안전성 확보와 정부정책의 안정적 추진에 기여할 것이다.

Key words : 연료전지(Fuel cell), 안전기준(Safety Regulation), 최고 출력(Maximum power), 성능저하(Performance degradation)

디젤-CNG 이중연료 희박 예혼합압축착화 연소기법에 따른 56kW 디젤엔진 최적화에 관한 연구

최 진, 남충우, 박장훈, 김예진, 이호길
한국자동차연구원

A Study on Optimization of 56kW Diesel Engine Using Diesel-CNG Dual Fuel Lean Premixed Mixture Compression Ignition Combustion Method

Jin Choi, Chungwoo Nam, Janghun Park, Yejin Kim, Hokil Lee
Korea Automotive Technology Institute(Katech)

요 약

인체에 유해한 배기가스 CO, HC, 질소산화물(NO_x), 입자상 물질(PM; Particulate Matter) 등의 배출에 대한 규제가 강화됨에 따라 디젤엔진의 사용도가 높은 건설기계 및 농기계 부문의 대형차 및 건설기계 원동기 배출가스 규제도 Tier 4 Final/Stage V로 지속 강화되었다. 이와 같은 지속적인 배출가스 규제 강화로 인하여 56kW급 이상 농기계 분야의 배출가스 규제도 점차 강화될 것으로 사료된다. 이는 제한적인 배출가스 저감 특성을 갖는 후처리 장치 설계에 대한 연구에서 신 연소기법이 건설 기계 및 농기계 배출가스 저감 특성에 미치는 영향에 관한 연구로의 전환이 필요할 것으로 판단된다. 이에 관하여 승용 디젤 부문에서 연구가 활발히 수행되는 이중 연료 예혼합 압축착화연소는 연소 성능 개선에 의해 배출가스를 저감할 수 있는 대표적인 신 연소 기법이라 할 수 있다. 이 연소기법은 흡기 행정에서 저반응성 고옥탄가의 연료(NG, LPG 등)를 흡기시스템에 사전 분사하여 실린더 내로 공급하여 균질한 연료-공기 혼합기를 형성한다. 이후 압축행정 말기에 고 반응성의 고 세탄가 연료(Diesel)를 직분사하여 착화원으로 활용함으로써 연소상을 제어하고 이를 통하여 배출가스 저감 효율 증진에 대한 기대를 가질 수 있다. 그러나 CNG와 같은 천연가스 연료는 높은 메탄(CH₄ 등) 배출량에 의해 촉매의 적용이 필수적이며, 이를 해결하기 위한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 CNG 연료시스템을 56kW급 농기계 디젤엔진에 적용하였으며, 디젤-CNG 이중 연료 예혼합압축착화 연소기법의 연소특성 개선을 위하여 최적화 피스톤을 제작 및 적용하였다. 또한, 최적화 피스톤 적용에 따른 이중연료 분사전략을 제시하였으며, 미연소된 CNG에 의해 발생하는 메탄의 저감을 위해 후처리시스템 레이아웃 설계를 진행하여 배출가스 저감에 미치는 영향을 비교분석 하였다.

본 연구는 산업통상자원부의 기계산업핵심기술개발사업(20004195, 56kW 이상급 천연가스 디젤 융합 연소 기술 개발)에 지원을 받아서 이루어졌습니다.

터널 내 수소전기자동차 폭발 피해 저감을 위한 비상대피소 방화문 방폭성능 해석

김우진, 남수현, 김의수*
한국교통대학교 법공학기술연구소

Analysis of Explosion Proof for Emergency Shelter Protection Doors to Reduce the Damage of Explosion for a Hydrogen Vehicle in Tunnel

Woo Jin Kim, Su Hyun Nam, Eui Soo Kim*

*Forensic Engineering Technology Lab., Korea National University of
Transportation*

요 약

지구 온난화 문제가 대두되어 세계적으로 친환경 자동차 도입에 대한 관심이 증대되고 있다. 터널과 같은 반밀폐 공간 특성상 차량에 화재가 발생할 경우 짧은 시간에 급격한 온도상승과 불완전 연소에 의한 유독가스가 발생하여 대형참사를 일으킬 수 있다. 특히 수소가 연료인 수소전기자동차 내 화재 발생 시 수소가 누출 및 체류되기 때문에 대형 화재폭발의 위험성 등이 내재되어 있다. 하지만 국외의 경우 수소차의 수소 누출로 인한 폭발이 발생했을 때 비상대피소 문의 안전성에 대한 연구가 미흡하다. 국내의 경우 터널 내 비상대피소 문은 화재에 중점을 두어 열과 연기를 차단할 수 있는 내화성능에만 초점을 두었다. 수소차의 폭발 위험성이 증가함에도 불구하고 터널 내 화재폭발 피해저감을 위한 방화문의 방폭에 대한 설계, 성능, 평가에 대한 기준 및 사양은 전무한 실정이다. 이에 본 연구에서는 국토교통부가 고시한 ‘자동 방화셔트 및 방화문의 기준’, 국방 방폭문에 대한 군사시설기준인 ‘DMFC 4-70-00, DMFC 4-70-10, DMFC 4-70-20, DMFC 5-TO-90’에 준하여 AUTODYN과 TNT 당량법을 활용해 반밀폐계 내 발생 폭압과 조건별 비상대피소 방호문 폭발강도를 해석함으로써 터널 내 수소전기차 화재폭발 피해저감을 위한 고성능 방화방폭용 비상대피소 방화문의 방폭성능 데이터를 확보하고자 한다.

용기재검사장 잔가스 누출로 인한 폭발사고에 관한 연구

신성완

한국가스안전공사 재난안전처

A study on the Explosion Accident of Portable gas range & Butane can

Shin sung wan

Korea Gas Safety Corporation

요 약

우리나라의 LPG산업은 70년대부터 급격한 산업의 발달로 인하여 가정용부터 국가 기간산업에 이르기까지 매우 호황을 누려왔습니다. 하지만 90년대 이후 아파트 위주의 주거문화와 도시가스가 배관망이 도시의 가정주택까지 공급되어 도시가스의 사용이 증가하고 인덕션과 온열장판등 전열기구등의 사용이 급증하고 있으며 반대로 LPG업계는 하향산업을 맞이하고 있다.

따라서 LPG용기 재검사 업계도 몇십년전 만들어진 시설로 용기의 재검사를 실시하니 생산성이 떨어지고 밸브의 주원료인 황동가격 상승등으로 마진이 적어져 근근히 사업의 명맥만 이어가는 상태이므로 노후된 시설에 대한 신규투자나 안전관리를 위해서는 소홀히 할 수밖에 없는 것이 지금 이시대의 현실이다,

그러다 보니 기존에 설치된 잔가스 처리시설이 부족하거나 노후되어 일부는 고장이 난채로 방치된 채로 운영되고 있으며 관련 규정에 의한 잔가스를 회수하지 않고 개방된 공간에서 마구잡이로 용기밸브를 탈착하는 등 사고의 위험이 상존하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 용기 재검사에서

- ①잔가스 처리설비 활용빈도와 미사용 원인은 무엇인지?
- ②날씨에 따른 잔가스 처리설비의 LPG회수능력이 어떻게 변하는지?
- ③재검사장 내의 전기설비와 난방기등 폭발과 관련성이 있는 제품이나 설비는 무엇인지?
- ④최소의 비용으로 개선이 가능한 시설이나 설비등이 무엇인가를 연구하여 규격화된 표준모델을 개발하여 업계에 배포함으로써 동일사고로 인한 재발을 미연에 방지하고 업계에 도움이 되고자 한다.

유한요소해석을 활용한 액화수소 저장용기의 충돌 안전성평가

남수현, 김우진, 김의수^{*}

한국교통대학교 안전공학전공

Impact Safety Evaluation of Liquid Hydrogen Storage Containers Using Finite Element Analysis

SuHyun Nam, WooJin Kim, EuiSoo Kim[†]

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

요 약

최근 많은 관심을 보이는 수소경제의 실현을 위한 핵심 기술은 저장과 이송 효율성이 뛰어나고 안전성을 확보하는 수소저장기술이라 할 수 있다. 미래의 무공해 대체 에너지원인 액화수소를 연료로 사용하는 이송장치 개발에 있어 중요한 기술적 문제는 액화수소를 극저온상태로 저장하고 쉽게 기체형태의 수소로 변환할 수 있는 저장용기의 개발이다. 액화수소는 기체 수소대비 약 800배의 저장밀도와 10배의 이송 경제성을 가지고 있으므로 자동차 및 선박과 같이 장시간 고출력으로 운용하여야 하는 장치에 매우 유용하다. 그러나 액화수소는 상압에서 저장되어야 하기 때문에 외부에서 충격이 가해져 열이 침투하면 증발가스(Boil of Gas, BOG)가 빠른 속도로 발생할 가능성이 있다. 액화수소차량이 교통사고가 발생하였을 때 충격으로 인해 BOG가 다량 발생하게 되면 탱크 내의 압력이 급격히 증가하여 폭발이 일어날 위험성이 있으므로 용기와 차량간의 충돌안전성을 검증하는 것은 필수적이다. 액화수소 저장용기에 관한 연구는 최근들어 수치해석 모델링을 통해 단열성능과 진동시험에 관하여 집중적으로 이루어지고 있으나 운행 중 충돌안전성에 대한 연구는 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 ‘미국 충돌시험 기준 FMVSS 303’, ‘국내, 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙’에 준하여 충격해석을 통해 등가 응력과 변형량, 기화손실 및 내부 압력상승률을 도출하고 실증시험 안전기준과 비교하여 액화수소 저장용기의 운행상의 안전성을 확보하고자 한다.

화학물질 유·누출 모니터링 설비 확인을 위한 데이터 구축방안 연구

김은희, 이슬기, 마병철

전남대학교 화학공학과, 전남대학교 화학공학부

A Study on Data Construction Method for Identifying Leak of Chemicals Monitoring Facilities

Eunhee Kim, Seulgi Lee, Byungchol Ma

Chonnam National University, Department of Chemical Engineering, Chonnam National University, School of Chemical Engineering

요 약

화학물질을 취급하는 산업단지 내 화학사고가 매년 발생하고 있어 이를 예방하기 위하여 실시간 및 원격으로 산업단지를 모니터링하는 시스템 도입이 필요하다. 원격 감지 시스템은 높이 70m의 철탑에서 EO/IR과 IR-RCD 카메라의 교차 확인과 모니터링 사각지대 및 적외선 미흡수 물질을 감지하기 위한 지역오염감시기 등으로 구성된다. 이처럼 다양한 설비가 연동되어 화학물질의 유·누출을 실시간으로 모니터링함으로써 화학사고를 조기 감지하고 신속한 대응이 가능하다.

IR-RCD를 통하여 감지된 화학물질의 누출 위치를 파악하기 위해서는 사업장별 취급물질과 해당 취급설비의 위치 등 데이터가 시스템에 연계되어야 한다. 우선 산업단지 평면도를 기준으로 일정한 간격의 Cell을 나누고, 시스템 연계에 필요한 Chemicals Data Dam(CDD)를 구축한다. 다음으로 모니터링 설비 시야에 따라 구간을 설정하고, 각 구간에 해당되는 Cell을 Chemicals Streo Map(CSM)으로 구축한다. 화학물질이 유·누출되면 CDD 및 CSM을 확인하여 화학사고 발생 가능성이 있는 의심 사업장 List를 확보할 수 있다.

본 연구에서는 산업단지 내 화학물질별 취급설비 위치 정보 확인을 위한 데이터 구축방안을 제시하고자 한다. 구축 데이터를 활용하여 원격 감지된 화학물질의 누출 지점 및 확산 범위를 특정함으로써 화학물질 유·누출 시 신속하게 유관기관에 사고 정보를 제공하여 대응할 것으로 기대한다.

공정안전관리(PSM)의 디지털 전환을 위한 지능형 통합플랫폼 구축에 관한 연구

안승호 · 오세현 · 문명환* · 마병철*

전남대학교 화학공학과 · 전남대학교 화학공학부

A Study on Development of Self-Management Model Intergrated Solution for Digital Process Safety Management(PSM)

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

Chonnam National University, Department of Chemical Engineering ·

*Chonnam National University, School of Chemical Engineering

† Corresponding author: anejon@jnu.ac.kr

요 약

공정안전관리(Process Safety Management, PSM)제도는 산업안전보건법 제 44조에 따라 화학공장 등의 화재, 폭발, 유·누출 등 중대산업사고를 예방하기 위한 제도로써 유해·위험물질을 제조·취급·저장하는 설비를 보유한 사업장은 공정안전보고서를 작성·제출하여 한국산업안전보건공단의 심사·확인을 받고, 이행하여야 한다. 이러한 과정에서 현재 PSM 제도는 서류확인, 교육, 현장점검, 심사 등의 전 과정이 수기·서면 작성 및 대면 방식으로 이루어지며 이에 각 단위 공장별 시설 규모가 다양한 사업장은 복잡한 절차를 거쳐 많은 양의 서류들을 생산·관리하는 실정으로 오류 및 누락사항이 발생하고 불필요한 자원이 낭비되어 체계적으로 관리되지 않는 상황이다.

또한, 최근 포스트 코로나 시대를 맞이하여 비대면 업무시스템이 정착된 사회속에서 공정안전관리제도 역시 다양한 근무형태의 변화가 요구되었으며 국내 사업장에서도 첨단 디지털 자동화 솔루션이 결합된 스마트공장으로 급속히 발전하고 있다. 이러한 고도화 추세에 맞추어 공정 및 설비, 관련 정보 등을 디지털화(Digitalization)하고 시간적·경제적·기술적 어려움을 최소화하기 위한 미래형 공정안전관리 방향 및 국내 사업장 적용 솔루션 개발 방안이 필요하다.

따라서, 공정안전관리 분야의 주요 구성요소인 공정안전자료, 공정위험성평가, 안전운전계획 및 비상조치계획을 디지털화한 지능형 통합 플랫폼 공정안전관리 자율관리모델(Digital PSM Intergrated Solution, D-PSM)을 구축하여 새로운 변화에 대응하는 것을 제안하고자 한다. 디지털 PSM을 통하여 네트워크를 기반으로 실시간 현장 상황을 공유하고, 유해·위험 물질 및 설비정보 등을 최신화하며 이를 오픈 소스 프로그래밍을 통해 개발하여 중소기업 사업장에서도 체계적인 공정안전관리가 가능토록 지원하는 방안으로 제시하였다. 나아가 공정 및 설비의 3D 모델링 및 디지털 트윈을 통하여 스마트공장의 공정안전관리 기술이 향상될 것을 기대하며 이를 향후 시범 사업장을 통해 실증을 거친 후, PSM대상 사업장에 보급하여 자율적인 스마트 공정안전관리 체계 정착에 크게 기여할 것으로 전망한다.

전기용착 이음관 내부 열전달 설계 모델 개발 및 검증에 관한 연구

이종화 · 서현석 · 최정현

(주)폴리텍

A study on the development and verification of the internal heat transfer design model of the electrofusion fittings.

J.H. Lee, H.S. Seo, J.H. Choi

POLYTEC CO., LTD.

요 약

폴리에틸렌 소재 적용 플라스틱 가스배관은 부식되지 않을 뿐만 아니라 PLP(Polyethylene Coated Steel Pipes) 금속소재 대비 경량성, 간편한 시공성, 부식 및 전식이 일어나지 않아 유지관리가 편리하고 교체없이 50년 이상 사용이 가능하며 금속 소재 비해 경제성이 우수하여 점차 그 사용량이 증가하고 있다. 폴리에틸렌은 열가소성 플라스틱으로 열을 가하면 연화하여 유동체가 되고, 냉각하면 굳어져서 고체가 된다. 그 성질로 파이프의 연결 또는 파이프와 이음관을 연결할 때에는 용착 방법을 이용하여 관을 연결하게 된다. 용착이란 접합하고자 하는 모재 부위를 용융시켜서 압력을 가하여 접합하는 것을 말한다. 용착의 종류에는 맞대기 용착, 전기용착 방식 등이 현장에 적용 사용되고 있다. 가스 사용시설의 안전성을 확보하기 위해서는 용착부의 안전성과 기계적 특성을 확보하는 것이 대단히 중요하다.

본 연구에서는 열용착 방식중 전기용착 방식은 고체 상태인 폴리에틸렌 파이프 표면과 이음관 내부에 위치한 발열체에 의하여 일정 조건에서 온도가 상승하게 되고 용융점에 도달하게 되면 고체에서 액체 상태로 상변화가 발생하게 된다. 최적 접합조건을 확인하기 위해 용착 해석 모델을 개발하고 ANSYS FLUENT를 이용하여 해석을 수행하였으며 개발된 해석 결과를 실험값과 비교 검증하였다.

이중 체크밸브를 활용한 수소 연료전지 모빌리티용 리셉터클 개발에 관한 연구

최 진, 남충우, 양준우*, 엄희동*

한국자동차연구원 수소모빌리티연구본부, *삼보모터스(주)

A Study on the Development of a Receptacle for Hydrogen Fuel Cell Mobility using a Double Check Valve

Choi Jin, Nam Chungwoo, Yang Junwoo*, Eom Heedong*

Korea Automotive Technology Institute(Katech), SAMBOMOTORS

요 약

저탄소 및 화석에너지 사용에 관한 규제는 지속적으로 강화되어 왔으며, 전 세계적 차세대 에너지 전환 및 활용을 위한 연구 개발은 적극적으로 추진되고 있다. 연료전지를 통한 발전 방식은 내연기관 대비 에너지 손실이 적고 40~60% 높은 발전 효율을 갖는다. 이러한 연료전지 기술을 활용한 수소연료전지 자동차(FCEV, Fuel Cell Electric Vehicle)의 개발은 상용단계에 접어들었으며, 효율 및 성능 개선을 위한 연구가 활발히 수행되고 있다. 수소연료전지 자동차는 내연기관 자동차 대비 저렴한 연비와 높은 동력성능을 가지며, 전기자동차(EV, Electric Vehicle)보다 충전 시간, 주행거리 등에서 높은 효율을 갖는다. 또한, 저탄소 규제 실현을 위한 전기자동차의 주행거리 증가에 관한 연구는 적극적으로 수행되고 있다. 수소 연료전지 자동차의 경우, 최근 70MPa의 고압 수소 저장 시스템 방식에서 105MPa의 초고압 저장 방법을 목표로 연구가 수행되었다. 이와 같은 주행거리 증가와 초고압으로의 효율 개선은 수소 저장시스템 내 각 기능 부품의 안정성, 내구성, 성능 증진을 요구한다. 특히 리셉터클(Receptacle)의 경우, 수소 충전 후에 수소의 외부 리크 방지를 위하여 체크밸브의 내장이 필수적이다. 이러한 체크밸브는 기밀 특성을 위하여 유로의 설계가 복잡하고 미세한 형상을 가져 고압 탱크로부터 수소가 유입되면, 유동에 의한 진동이 크게 발생한다. 체크밸브의 진동은 내구성과 소음에 큰 영향을 주기 때문에 진동을 감소시키는 방안에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한, 수소 연료전지 상용 자동차의 경우, 주행거리가 길고 충전량이 많아 진동에 노출되는 시간이 길고 큰 내구성 저하가 고려되어 체크밸브 진동의 감소를 통한 내구성 증진이 필수적이다.

따라서 본 연구에서는 수소 저장시스템용 리셉터클의 성능 및 내구성 증진을 목적으로 이중 체크밸브를 적용하여 리셉터클 시제품을 설계하였으며, 유량, 압력, 유체 속도 등을 상용 수소 리셉터클과 비교·분석하였다.

본 연구는 산업통상자원부의 소재부품기술기반혁신사업(P162400003, 수소상용차 대응이 가능한 대용량 리셉터클 시제품 개발)에 지원을 받아서 이루어졌습니다.

연료전지 드론용 수소 용기밸브의 체크밸브 형상이 유량에 미치는 영향

최 진, 남충우, 신용섭*, 김구호*, 김용기*

한국자동차연구원 수소모빌리티연구본부, *태광후지킨

The Effect of Check Valve Shape of Hydrogen Cylinder Valve for Fuel Cell Drone on Flow Rate

Jin Choi, Nam chungwoo, Shin youngsub*, Kim guho*, Kim yongki*

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

요 약

최근 수소 경제 활성화 로드맵을 기반으로 수소를 활용 방안에 대한 연구가 가속화됨에 따라 수소 저장 시스템 기술이 비약적으로 발전하였다. 수소 연료전지 자동차를 중심으로 수소 충전 설비와 수소 운송, 수소 연료전지 선박, 수소 연료전지를 적용한 소형 모빌리티 등 다양한 분야에서 수소 저장 기술이 개발 및 적용되었다. 또한, 드론 활용 분야에서도 제한적인 1회 충전 주행시간 증진을 위하여 수소 연료전지를 적용한 드론 개발에 관한 연구가 수행 되었다. 수소 연료전지 드론은 넓은 영역의 데이터 수집 및 배포, 장거리 화물 운송, UAM(Urban Air Mobility)등 다양한 분야의 활용성을 갖는다. 이러한 이유로 수소연료전지 드론용 수소 저장 시스템의 효율 증대를 위하여 관련 기능부품의 성능 향상에 관한 연구가 활발히 수행되고 있다. 특히, 연료 계통의 핵심 부품인 용기밸브의 성능 증진은 수소의 충·방전 속도에 큰 영향을 미치며, 수소의 충·방전 속도는 1회 충전에 필요한 시간을 단축하여 실제 드론을 운행 사이클에 주요 역할을 갖는다. 이러한 용기밸브는 저장된 수소의 일정한 유량 유지를 주 목적으로 가지며, 화재 및 폭발 사고 예방을 위한 T-PRD(Temperature Activated Pressure Relief Device), 온도 및 압력센서, 압력조절을 위한 PRV(Pressure Relief Device), 체크밸브 등으로 구성 되어 있다. 그러나 용기밸브 내 체크밸브는 좁고 복잡한 형태의 유로 구조를 가져 용기 밸브 내에 흐르는 유체의 흐름을 억제하고 유량 확보의 어려움을 주며, 억제된 유체의 흐름은 소음을 발생시킨다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 용기밸브 내 체크밸브의 유로 구조 최적화는 필수적이며, 체크밸브 형상 최적화를 통한 유량 확보 및 소음 감소 등에 관한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 수소 드론용 수소 저장 시스템에 적용된 용기밸브의 유로형상 최적화를 위하여 체크밸브 부의 입·출구 유로의 두께 및 단면적을 증가시켰으며 그에 따라 최적화된 유로형상이 유량에 미치는 영향을 비교 분석하였다.

본 연구는 산업통상자원부의 신재생에너지핵심기술개발사업(2022303004020B, 수소저장시스템 기능부품 내구성 및 신뢰성 확보를 위한 기술개발)에 지원을 받아서 이루어졌습니다.

수소 실린더 밸브의 솔레노이드 기밀평가 유효성에 관한 연구

남충우, 박장훈, 이호길, 김재광*, 김용기*

한국자동차연구원 수소모빌리티연구본부, *태광후지킨

A Study on Solenoid Leak test validity of Hydrogen Cylinder Valve

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

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

요 약

전기버스의 경우 2015년부터 국가 보조금을 지원받아 국내에 판매된 중국산 전기버스는 251대로 정부예산 약 700억원이 투입됐으며, 대부분 차 가격보다 보조금이 더 지급된 상황이다. 가격경쟁력에서 중국산 전기버스가 우위에 있다보니 국내 전기버스의 가격경쟁력이 부족한 상황으로, 따라서 수소전기버스 또한 민간보급에 있어서 전기버스 상황을 반복하지 않기 위해 수소전기버스의 내구성 및 가격경쟁력 확보가 선행되어야 한다. 상용차는 다수의 인원이나 대량의 화물을 수송하거나 특수목적의 작업을 하기위해 제작된 차량으로 중량기준으로 1톤트럭부터 30톤이상의 대형트럭 및 버스까지 다양하다. 수소상용차량에 적용되는 수소용기에 장착되어있는 수소실린더 밸브의 경우, 내부누출 및 외부누출 시험이 검사기준으로 고시되어 있다. 수소실린더 밸브의 솔레노이드 밸브는 자동차 시동시 전원이 인가되어 용기에 저장되어있는 수소를 공급하고, 시동 정지시 솔레노이드의 전원이 차단되어 수소공급을 차단하는 역할을 수행한다. 수소전기차의 일부 부품의 품질문제 및 가격이 높은 상황이기 때문에 최근 수소전기차 보급이 미진하며, 수소상용차량 개발 및 보급을 위해서는 이를 해결하기 위한 근본적인 가격경쟁력 및 내구성 향상 기술개발이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 수소 실린더 밸브의 솔레노이드 기밀평가에 있어서 질소 및 수소기체를 활용한 평가에 따른 기밀특성 분포를 분석하였다. 따라서 향후 수소 실린더 밸브용 솔레노이드 밸브 개발시 평가방법 정립에 활용할 예정이다.

본 연구는 산업통상자원부의 신재생에너지핵심기술개발사업(2022303004020C, 수소저장시스템의 멀티 및 싱글제어가 가능한 제어기 기술개발)에 지원을 받아서 이루어졌습니다.

방폭기기 작업자 대상 자격제도 운영에 대한 연구

윤민혁*, 김준식*, 백신원**, 강찬규****

한경대학교 사회안전시스템공학과

A Study on the Operation of Qualification System for Explosive Equipment Workers

Min Hyuk Yoon* · Joon Sik Kim** · Chan Kyu Kang***

Dept. of Social Safety Systems Engineering, Hankyung University

요 약

최근 방폭구조 전기기계·기구와 관련한 화재 폭발 중대 재해 분석 결과, 총 370건의 화재 폭발 중대 재해 중 방폭 구조 전기 기계·기구와 관련한 재해가 37건으로 10%의 비율을 차지하고 있다. 작업장에서의 방폭 구조 전기 기계·기구와 관련한 위험성이 상존하는 현 상황에서 방폭 설비의 안전성 보장은 필수적이다. 현재 방폭 구조 전기 기계·기구 관리체계는 구매는 원청에서, 유지 및 보수는 협력업체를 통해 시행하는 이원화 체계로 인해 방폭 설비의 성능 유지관리의 사각지대를 보인다. 이를 해결하기 위해 국내 방폭 설비 운용인력의 자격인증제도 도입 및 전문화를 이루고 폭발 위험장소에서의 방폭기기 취급 작업 시 기계·기구의 설치 오류 및 오사용 예방을 통한 본질적 안전을 보장해야 한다.

본 연구는 이를 위해 국내·외 사용 중인 방폭기기의 안전성을 높이는 방안에 관련한 연구를 수행하였다. 작업자 대상 자격제도 운영에 관한 국내·외 사례 및 현장 실태조사, 설문조사, 문헌조사 및 전문가 자문을 통해 국내 상황에 맞는 교육과정을 제안하고 방폭기기 취급 작업자 대상 자격제도 운영에 대한 방안을 마련하고자 하였다. 설문조사는 방폭기기 취급 사업장 작업자 대상으로 온라인 설문조사를 실시하였고, 방폭 교육·인증 관련 시설에 방문하여 현재 진행 중인 방폭 분야의 교육과 시험의 진행 방향 및 문제점을 파악 및 전문가의 교육 진행 시 필요 인력과 예산 등의 필요사항 등을 확인했다. 또한 전기를 사용하지 않는 기기·기구 중 방폭구조가 적용된 기기·기구로 인한 사고 발생 가능성에 대해 산업안전보건기준에 관한 규칙에 적용하는 것을 검토하였다. 연구 결과 비싼 교육비와 업무공백으로 인한 소규모사업장 또는 일반 사업장의 부담이 크며 비용을 낮춘 국가지원 시스템의 확립이 필요하다. 이를 위해 직장인 평생교육(NCS 일학습병행제 등) 등을 국내 제도와 연계하는 방안 등을 고려해야 한다. 또한 방폭기기 취급 작업자 대상 교육제도의 과정은 수준별 교육과정이 필요하다.

본 연구는 효과적인 교육제도의 운영방안을 제시하였으며 이를 통해 국내 방폭기기 취급 사업장의 안전성을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 또한 제시한 교육제도 및 자격제도는 향후 방폭 시장의 근원적 안전성을 보장할 수 있는 참고자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

Key Words: Protection techniques, Qualification system, Global HazLoc system, Safety

사고 통계 기반 LPG 공급 시설의 안전성 향상에 관한 연구

이흥기, 이호렬

한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on Secure the Safety of Liquefied Petroleum Gas Supply Facility Based on the Statistical Data of Accidents

Hong-Ki Lee, Hyo-Ryeol Lee

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

요 약

플렉시블 조인트는 배관라인 중 유연성이 필요한 이동기기의 접속관, 진동이 많이 발생하는 배관에 사용되며 내진설계가 요구되는 현대 배관설비에 필수적인 가스 용품이다. 금속재료(SUS304, SUS316L 등)의 특성인 탄성, 유연성, 내굴곡성, 내압성, 내열성, 내식성 등을 살려 제작한 것으로 그 성능이 뛰어나며 누수의 염려가 없어 급수·급탕 및 냉·난방용, 가스 배관 등의 접속관으로 널리 이용되고 있다. 하지만, 최근 10년간(‘11년~’21년 8월) 고압 플렉시블 조인트 사고 9건 발생하였고, ‘15년도 최초 사고발생 이후, 매년 지속 발생(‘21년도 2건) 되고 있다. 사고는 LPG 시설에서 대부분 발생(LPG 7건, 고압가스 2건, 도시가스 0건)하고 있어, LPG 집단 공급 시설, 소형 저장 탱크로 LPG를 공급하는 중, 소규모 공급 시설의 안전성 확보를 위한 대책 마련이 필수적이다.

이에 본 연구에서는 고압 플렉시블 조인트의 손상 매커니즘 분석, 설치환경(압력, 작동 유체, 온도, 설치 불균형에 따른 잔류 응력, 진동영향, 맥동 등)에 따른 피로 한도를 유한요소해석을 통해 분석하여 한계 수명을 산출하고자 한다. LPG 시설이 노후화 됨에 따라 사고 발생 빈도는 점차 증가할것으로 예상되며, 이에 따른 동일 사고 예방 및 인명 피해 방지를 위해 고압 플렉시블 조인트에 가해지는 압력 사이클, 진동 영향 등을 센서로 계측·분석하여 잔여 수명, 교체 주기를 안전관리자에게 제공하는 안전관리 플랫폼을 구축하고자 한다. 추가적으로, 잔여 수명, 교체 주기의 신뢰성 확보를 위해 유한 요소에 의한 시뮬레이션 결과와 실증 시험 데이터 비교를 통해 타당성을 검토할 예정이다.

본 논문은 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행되었습니다. (No.20017259, 생활속 안전 시설을 위한 IT융합기술 기반 스마트 안전센서 및 운영시스템 기술 개발)

고위험가스 밀집 시설에서 QRA와 근로자 위치를 연계한 작업 안전성 확보에 관한 연구

류지환, 이효렬

한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on Secure the Work Safety of Petrochemical Plants Connected QRA and Worker Location

Ji-Hwan Ryu, Hyo-Ryeol Lee

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

요 약

석유화학 플랜트와 같은 고위험가스 밀집 시설의 경우 주로 사용되는 가연성가스로는 암모니아와 수소가 대표적이며 사용 조건이 고온 고압의 공정으로 이루어지는 경우가 많기 때문에 관리의 필요성이 매우 높다. 특히, 독성가스인 CO의 경우에 공정 및 유지 보수 과정에서 CO에 의한 중독사고가 빈번하게 발생하고 있으며, 높은 치사율로 인해 사전 감지가 매우 중요한 가스이다. 또한, 고위험가스 밀집 시설물의 경우, 현장에 설치되는 시스템 자체의 결함으로 인하여 발생하는 폭발 사고로 가스 시설물의 피해를 막기 위해, 고압가스안전관리법에 의해서 현장에 설치되는 모든 시스템은 방폭 인증을 획득한 제품만을 설치하도록 되어있다. 하지만, 플랜트의 유지보수 등의 이유로 방폭 구역 내 방폭 성능이 확보되지 않는 장비 등을 활용하는 특수작업을 수행하는 경우도 있어 최악의 사고 시나리오에 의한 정량적 위험성 평가(Quantitative Risk Assessment: QRA) 방법으로는 근로자의 안전성 확보에 한계가 있어 대책 마련이 필수적이다.

이에 본 연구에서는 기존의 정량적 위험성 평가를 저장 설비 내 가스의 잔량, 작업 유형에 따른 점화 확률, 기상 정보 등을 실시간으로 반영하여 현장 상황에 따른 피해 영향 범위를 산출하고, 이를 GPS, CCTV에 의해 식별된 근로자의 위치 정보 개인적 위험도와 사회적 위험도를 즉각적으로 인지할 수 있는 시스템을 구축하고자 한다. 향후 작업에 따라 취급하는 가스에 대한 걱정 보호구, 긴급 상황 발생 시 조치 사항을 근로자가 소지하고 있는 휴대용 단말기에 정보를 제공하고, 현장 상황 변화에 따른 대처 방안을 소개해 근로자의 의사 결정을 신속히 지원할 수 있는 서비스를 추가할 예정이다.

본 연구는 산업통상자원부 및 KETEP의 다중이용 에너지시설 안전진단 및 위험예측 안전기술개발사업(20215910100200, 고위험가스 밀집 시설에서 현장 상황에 따른 위험예측과 사고대응이 가능한 차등적 안전 프로세스 중심의 스마트 안전관리시스템 개발)의 연구 결과로 수행되었습니다.

도너 & 어셉터 방식의 트레일러형 수소 충전시스템 개발

안강섭, 신현길, 김명준*
범한산업(주), *연세대학교

Development of Donor and Acceptor Trailer Type Hydrogen Filling System

Kangsub Ahn, Hyunkhil Shin, 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 $150\text{Nm}^3/\text{h}$ 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 $150\text{Nm}^3/\text{h}$ 이상, 최대압축압력 70MPa이상을 만족하는 성능을 목표로 개발 중에 있다. 수소 저장부는 저장압력 $70\text{MPa} \pm 5\%$ 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.

API 5L X70 가스배관의 모재 및 용접부 저주기 피로 특성

김철만, 장윤찬, 김익중, 유정수, 백종현, 김영표
한국가스공사 가스연구원

Low cycle fatigue properties of base and weld metal for API 5L X70 pipeline steel at room temperature

Cheol-man Kim, Yun-chan Jang, Ik-joong Kim, Jung-Soo Yoo,
Jong-hyun Baek, Young-pyo Kim
KOGAS Research Institute

요 약

가스배관은 지하 1.5 m의 깊이에 매설된 상태에서 7 MPa의 압력으로 천연가스를 공급하고 있다. 가스배관은 도로변을 따라 매설되며 도로형태에 따라 곡관을 사용하고, 도로나 철도, 하천을 횡단하여 건설하기도 한다. 지하에 매설된 상태이기 때문에 사계절 변화에 따른 온도 차이는 크지 않지만 지진 등 외력에 의하여 소성변형까지 야기시키는 큰 하중을 반복적으로 받을 수 있다. 이에 본 연구에서는 API 5L X70 등급의 외경 30 인치(762 mm), 두께 15.9 mm의 가스배관에 대하여, 모재 길이 및 원주방향, 원주용착금속부, 심용착금속부에 대하여 변형을 허용한계를 평가하기 위한 저주기 피로시험(LCF)을 수행하였다. 모재의 경우 배관 길이방향과 원주방향에 대하여 각각 시험편을 제작하였다. 원주용접부는 용접조건을 동일하게 하기 위하여 1G 자세로 1~2층은 GTAW, 나머지는 SAMW 방법으로 용접하였고, 심용접부는 SAW 자동용접을 적용하였다. 순수 용착금속부의 특성을 평가하기 위하여 시험편은 용접 비드 상단부에서 채취하였다.

ASTM E606-12에 따라 봉상형태의 시험편을 제작하여 시험하였다. 평행부 게이지 길이와 직경은 각각 19 mm와 6.4 mm로 하였다. 표면은 길이방향으로 샌드페이퍼 #2000까지 미세하게 연마하여 거칠기 효과를 최소화하였다. 동적 스트레인게이지의 변형을 진폭제어로 $1 \times 10^{-3}/s$ 의 일정 변형률 속도를 유지하면서 응력비는 -1, 파형은 삼각파로 설정하여 시험하였다. 3.5톤 용량의 기계식 피로시험기(인스트론 8861 모델)를 사용하였고, 피로시험의 최대 인장응력 대비 50% 감소하는 시점을 피로수명으로 결정하였다. 4종의 시험편 중에서 모재 길이방향의 시험편이 가장 우수한 피로특성을 나타내었다.

반도체 공정관리용 사불화규소(SiF_4), 포스핀(PH_3) 및 디보란(B_2H_6) 표준가스 안정도 평가

김선우, 김병문, 오상협, 정진상, 허건
한국표준과학연구원

The Stability Test of Silicon tetrafluoride, Phosphine and Diborane standards gas for semiconductor process

SunWoo Kim, ByungMoon Kim, SangHyub Oh, JinSang Jung, Ho Keon
Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS)

요 약

SiF_4 , PH_3 및 B_2H_6 혼합가스는 epitaxy(얇은 박막 결정을 성장시키는 과정), etching(식각공정), 이온주입, doping(조절된 양의 불순물 도펀트를 반도체에 넣는 과정) 등 반도체 공정관리용으로 사용되어 반도체 품질에 중요한 역할을 하고 있으며, 현재 일부 특수가스 업체에서 생산하고 있으나 소급성 있는 표준물질은 사용하고 있지는 않다. 만약 표준물질 수요자가 부정확하거나 잘못된 표준물질을 사용할 경우 측정의 신뢰도가 저하되고 궁극적으로는 원가상승, 공산품의 품질수준의 저하 등 많은 문제점을 야기할 수 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 반도체용 공정관리용으로 표준가스가 필요하다.

본 연구에서는 SiF_4 , PH_3 및 B_2H_6 표준가스를 개발 절차에 맞춰 SiF_4 는 불화수소(HF)의 순도분석용이므로 10 $\mu\text{mol/mol}$ 의 비교적 저농도로 제품 농도를 설정하였으며, PH_3 과 B_2H_6 은 반도체 공정에서 이온주입, doping, epitaxial 성장 등에 사용되는 공정가스의 농도 확인용이므로 100 $\mu\text{mol/mol}$ 농도 수준으로 제품 농도를 설정해 제조 후 안정도를 평가하였다.

안정도를 평가한 결과, SiF_4 표준가스의 약 10 $\mu\text{mol/mol}$ 농도 수준의 비교 분석에서 12개월 동안에 0.5 % 이내로 모두 일치하는 것으로 나타났다. 또한 PH_3 표준가스의 약 100 $\mu\text{mol/mol}$ 농도 수준의 비교 분석에서는 6개월 동안에 0.04 % 이내로 모두 일치하는 것으로 나타났다. 하지만 B_2H_6 은 12개월 동안 -9.7%의 농도 감소가 발생하여 표준가스 개발은 불가한 것으로 판단되나 비교물질로는 보급이 가능할 것으로 판단된다.

수소 테라피 장치의 불순물 평가

김상우^{*,**}, 베니 트리스나^{*}, 김동겸^{*}, 이정순^{*}

^{*}한국표준과학연구원, 온실가스표준팀

^{**}성균관대학교, 에너지과학과

Method for Measurement of Impurity Contents in Hydrogen Therapy Devices

Sang Woo Kim^{*,**}, Beni Adi Trisna^{*}, Dongkyum Kim^{*} and Jeongsoon Lee^{*}

^{*}Green-house gases standard, KRISS, Daejeon 34113, Korea

^{**}Department of Energy Science, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, Korea

요 약

치료용 의료 가스로서 수소(H_2)는 항산화제, 세포 조직의 염증 감소 및 불활성과 같은 여러 특성을 가지고 있다. H_2 는 수소를 함유한 공기의 흡입, 수소가 풍부한 물을 경구 섭취, H_2 염분 주입과 같은 다양한 경로를 통해 신체에 흡수된다.

최근 많은 종류의 수소 테라피 장치가 개발되고 상용화되었다. 하지만, 이 제품들은 안전성, 특히 가스에 포함된 불순물에 대해서는 확인된 적이 없다. 촉매로 사용되는 금속의 멤브레인을 사용한 전기분해(electrolysis)의 H_2 발생 과정에서 reverse water-gas shift reaction등과 같은 이유로 탄화수소류 및 CO와 같은 부산물 가스를 동반하는 것으로 알려져 있다. 따라서, 본 연구에서는 가스 크로마토그래피(Gas chromatography)와 두 종류의 검출기(Thermal conductivity detector and Flame Ionization detector)를 이용하여 수소 테라피 장치들의 불순물에 대해 조사했다. 먼저 인증표준물질(Certificated Reference material)을 측정을 통해 분석 장치를 교정한 뒤, 2가지 종류의 총 10개의 수소 테라피 장치에서 발생하는 수소의 불순물을 정성·정량 분석했다. 분석 결과로 일산화탄소 그리고 탄화수소류가 메탄(CH_4)에서 $C_4(C_4H_8)$ 까지 인체 흡입 허용 농도보다 낮은 농도로 검출되었다. 이러한 발견은 수소 가스가 신체에 긍정적인 영향을 미치지만 전기분해 과정에서 다른 가스의 존재로 인해 부정적인 결과가 발생할 수 있음을 보여준다.

방폭기기 작업자 대상 자격제도 운영에 대한 연구

윤민혁*, 강찬규*, 박재희*, 김준식*

한경대학교 사회안전시스템공학과

A Study on the Operation of Qualification System for Explosive Equipment Workers

Min Hyuk Yoon* · Joon Sik Kim* · Jae Hee Park* · Chan Kyu Kang*

Dept. of Social Safety Systems Engineering, Hankyung University

요 약

최근 방폭구조 전기기계·기구와 관련한 화재 폭발 중대 재해 분석 결과, 총 370건의 화재 폭발 중대 재해 중 방폭 구조 전기 기계·기구와 관련한 재해가 37건으로 10%의 비율을 차지하고 있다. 작업장에서의 방폭 구조 전기 기계·기구와 관련한 위험성이 상존하는 현 상황에서 방폭 설비의 안전성 보장은 필수적이다. 현재 방폭 구조 전기 기계·기구 관리체계는 구매는 원청에서, 유지 및 보수는 협력업체를 통해 시행하는 이원화 체계로 인해 방폭 설비의 성능 유지관리의 사각지대를 보인다. 이를 해결하기 위해 국내 방폭 설비 운용인력의 자격인증제도 도입 및 전문화를 이루고 폭발 위험장소에서의 방폭기기 취급 작업 시 기계·기구의 설치 오류 및 오사용 예방을 통한 본질적 안전을 보장해야 한다.

본 연구는 이를 위해 국내·외 사용 중인 방폭기기의 안전성을 높이는 방안에 관련한 연구를 수행하였다. 작업자 대상 자격제도 운영에 관한 국내·외 사례 및 현장 실태조사, 설문조사, 문헌조사 및 전문가 자문을 통해 국내 상황에 맞는 교육과정을 제안하고 방폭기기 취급 작업자 대상 자격제도 운영에 대한 방안을 마련하고자 하였다. 설문조사는 방폭기기 취급 사업장 작업자 대상으로 온라인 설문조사를 실시하였고, 방폭 교육·인증 관련 시설에 방문하여 현재 진행 중인 방폭 분야의 교육과 시험의 진행 방향 및 문제점을 파악 및 전문가의 교육 진행 시 필요 인력과 예산 등의 필요사항 등을 확인했다. 또한 전기를 사용하지 않는 기기·기구 중 방폭구조가 적용된 기기·기구로 인한 사고 발생 가능성에 대해 산업안전보건기준에 관한 규칙에 적용하는 것을 검토하였다. 연구 결과 비싼 교육비와 업무공백으로 인한 소규모사업장 또는 일반 사업장의 부담이 크며 비용을 낮춘 국가지원 시스템의 확립이 필요하다. 이를 위해 직장인 평생교육(NCS 일학습병행제 등) 등을 국내 제도와 연계하는 방안 등을 고려해야 한다. 또한 방폭기기 취급 작업자 대상 교육제도의 과정은 수준별 교육과정이 필요하다.

본 연구는 효과적인 교육제도의 운영방안을 제시하였으며 이를 통해 국내 방폭기기 취급 사업장의 안전성을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 또한 제시한 교육제도 및 자격제도는 향후 방폭 시장의 근원적 안전성을 보장할 수 있는 참고자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

Key Words: Protection techniques, Qualification system, Global HazLoc system, Safety

화학물질 취급 및 초기대응 정보 제공 다국어 대화형 AI 서비스 설계

이훈기*, 신동일**

*명지대학교 재난안전학과, **명지대학교 화학공학과

Design of multilingual interactive AI service for chemical substances
handling and initial response information

Hungi Lee*, Dongil Shin**,

*Department of Disaster and Safety, Myongji University

**Department of Chemical Engineering, Myongji University

요 약

본 연구는 제조업 현장에서 근무하는 외국인 근로자를 대상으로 한국산업안전보건공단 MSDS에 탑재되어 있는 화학물질 취급방법 및 사고 발생 시 초기대응 정보를 음성인식 기반으로 제공하여, 현장에서의 활용도를 높이고, 기기 조작이 미숙한 사용자도 쉽게 사용할 수 있도록 설계한 Google Dialogflow 기반의 다국어 대화형 AI 서비스를 제안하였다. 제안 시스템은 Google Dialogflow 기반으로 작성되어 AI 스피커, Google Nest Hub, 스마트폰 등의 스마트 기기와 연동되어, 텍스트 및 음성을 통한 자유로운 질의가 가능하다. 음성 및 텍스트로 입력된 문장의 언어를 감지하고, 해당 언어를 번역하여 시스템 내부에서 한국어로 일련의 과정을 거친 다음, 다시 입력된 언어로 번역하는 방식으로 다국어 서비스를 지원한다. 현재 버전에서는 영어, 중국어의 음성인식이 가능하고, 베트남어 등 이외의 언어는 텍스트로 지원하고 있다. 제공하는 정보 중 사고 발생 시 초기대응 정보의 경우, 입력된 문장에서 물질과 노출 부위를 추출하여, MSDS open API와 연동된 웹서버에서 알맞은 초기대응을 출력하고, 취급방법의 경우, 입력된 문장에서 화학물질을 추출하여 물질의 보관 및 취급 시 유의사항을 출력한다. 또한 본 시스템은 사용자가 먼저 스마트 기기에 질의하는 방식으로 구성되어, 기존의 문서나 강의 형태의 일방적인 안전지식 교육방식과 달리 외국인 근로자가 스마트 기기와의 상호작용을 통해 현장에서 사용하는 화학물질의 정보를 능동적으로 습득할 수 있도록 지원함으로써 안전지식 학습의 효율성 향상 또한 기대된다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 스마트 엔지니어링 전문인력양성사업(P0008475-G02P04570001901)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

3D 분자구조 학습을 통한 위험물질 발향 예측 AI 시스템

이재욱*, 신동일^{†, **}

*명지대학교 화학공학과, **명지대학교 재난안전학과

AI System for Predicting the Odor of Hazardous Substances through 3D Molecular Structure Learning

Jaewook Lee*, [†] Dongil Shin^{*, **}

**Department of Chemical Engineering, Myongji University,*

*** Department of Disaster and Safety, Myongji University*

([†] dongil@mju.ac.kr)

요 약

화학물질의 구조와 향 사이의 관계를 규명하는 QSOR (Quantitative Structure-Odor Relationship) 문제는 제품설계 및 안전보건 분야에 걸쳐 상당히 중요한 문제로 여겨져왔다. 해당 문제를 기계학습으로 접근하는 선행연구에서는 molecular fingerprints를 활용하여 분자구조를 기반으로 한 향 예측 AI 모델을 설계하였다. 하지만 SMILES (Simplified Molecular-Input Line-Entry System)를 기반으로 한 molecular fingerprints는 분자구조를 2차원에서만 표현이 가능하므로, 3차원적인 분자구조를 반영하지 못한다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 초기대응 단계에서 발향정보가 물질 판별에 있어 특히 중요성을 갖는 위험물질을 대상으로 3차원 분자구조를 반영한 위험물질의 발향 예측 AI 모델을 설계하였다.

학습에 필요한 물질-발향 데이터는 The Good Scents Company에서 웹 크롤링 방식으로 총 3,323개 물질의 발향 정보를 확보하였고, 3차원 분자구조는 해당물질을 XY, YZ, ZX 평면에 사영한 이미지 정보를 PubChem을 통해 확보하였다. 기계학습 모델로는 2차원 구조정보를 기반으로 한 DNN 모델과 3차원 분자구조 정보를 기반으로 한 CNN 모델을 선정하여 비교하였다. 2차원 분자구조 정보를 기반으로 한 DNN 모델은 화학물질의 166가지 작용기 존재 여부를 표현하는 MACCS keys를 input으로 선정하여 화학물질의 발향을 예측하도록 학습시켰고, 3차원 분자구조 정보를 기반으로 한 CNN 모델은 3차원 분자구조를 각 평면에 사영시킨 이미지를 input으로 하여 화학물질의 발향을 예측하도록 학습시켰다. 학습된 모델은 MSDS내의 냄새 정보를 기반으로 검증과 성능평가를 진행하였다. 개발된 발향 예측 AI 모델을 활용하여, 직접 실험이 용이하지 않은 위험물질의 발향정보 확보가 가능하며, 또한 이를 통해 위험물질 누출사고 발생시 냄새정보 기반의 더욱 빠른 위험물질의 판별과 대응에 기여할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 가상공학플랫폼구축사업(N0002600)의 연구비지원과 스마트디지털엔지니어링전문인력양성사업(P0008475-G02P04570001903)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

사단법인 한국가스학회

2022년도 봄 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 5월 26일

발행인 사단법인 한국가스학회 회장 정희용

이 발표논문집은 산업안전보건연구원의 지원을 받아 발간되었음.

본 사업은 기획재정부의 복권기금 및 과학기술정보통신부의 과학기술진흥기금으로 추진되어 사회적 가치 실현과 국가 과학기술 발전에 기여합니다.