



## 수소법에 따른 수소용품 검사시행에 대비한 기술기준 제정

정재환 · †김완진

한국가스안전공사 수소안전기술원

(2021년 12월 10일 접수, 2021년 12월 25일 수정, 2021년 12월 26일 채택)

## Establishment of Korea Gas Safety Standards for Hydrogen Appliance Inspection in Accordance with Hydrogen Law

Jae-Hwan Jung · †Wan-Jin Kim

Korea Gas Safety Corporation, Chungcheongbuk-do 27738, Korea

(Received December 10, 2021; Revised December 25, 2021; Accepted December 26, 2021)

### 요약

수소법이 제정됨에 따라 수소용품 4종이 검사대상제품으로 지정되었다. 수소용품의 종류는 수전해설비, 수소추출설비, 고정형 연료전지, 이동형 연료전지이다. 수소용품 검사를 위한 안전기준 제정은 각 수소용품별 위험요소를 정의하였고 위험요소를 예방하기 위한 안전기준을 수소용품 기준에 규정하였다. 각 수소용품 별 주요 안전기준은 수전해설비는 수소품질 및 안전제어, 수소추출설비는 독성물질 배출 방지 및 일산화탄소 배출 방지, 고정형 연료전지는 배출가스 규제 및 버너 안전성능, 이동형 연료전지는 진동안전성이 안전기준에 규정하여 안전성을 강화하였다.

**Abstract** - As the Hydrogen law was enacted, 4 types of hydrogen appliances were designated as inspection products. The types of hydrogen appliances are water electrolysis equipment, hydrogen extraction equipment, stationary fuel cells, and mobile fuel cells. The establishment of safety standards for hydrogen appliance inspection defines risk factors for each hydrogen appliance and stipulates safety standards to prevent risk factors. The main safety standards for each hydrogen appliance are hydrogen quality and safety control for water electrolysis, toxic substances emission prevention and carbon monoxide emission prevention for hydrogen extraction facilities, vibration safety for mobile fuel cells.

**Key words** : hydrogen appliance, water electrolysis, hydrogen extraction, stationary fuel cell, mobile fuel cell

### I. 서 론

2020년 2월 4일 “수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률”(이하 수소법)이 제정됨에 따라 수소시설 및 제품의 안전검사가 강화되었다. 수소법은 수소경제육성분야와 수소안전관리분야로 구분되는데 수소경제육성분야는 2021년 2월 5일 시행되었으며, 수소안전관리분야는 2022년 2월 5일 시행될 예정이다. 수소법에 신규 지정된 수소용품 검사대상(4종)은 수

전해설비, 수소추출설비, 고정용 연료전지 및 이동형 연료전지이다. 수소법에 따른 수소용품이 검사대상으로 지정됨에 따라 수소용품 검사를 위한 검사기준(KGS code)이 수소용품별 위험요소를 분석하고, 주요안전기준을 적용되어 2021년 4종이 제정되었다. 수소용품 검사기준의 제정에 따라 그 기대효과와 향후 검사기준의 제·개정방향을 제시하고자 한다.

### II. 수소용품의 개요

수소용품의 검사대상은 고정형 연료전지(연료소비량 232.6kW 이하, 자동차관리법에 의해 자동차에

†Corresponding author:wanjinkim@kgs.or.kr  
Copyright © 2021 by The Korean Institute of Gas

**Table 1.** Classification of stationary fuel cells

구분	사진	설명
직접 수소용		·수소를 직접 공급하여 전기와 열을 생산하는 장치
간접 수소용		·연료가스에서 추출된 수소를 연료로 공급하여 전기와 열을 생산하는 장치

**Table 2.** Classification of mobile fuel cell

구분	사진	설명
이동형		·수소가스를 직접 공급하여 전기와 열을 생산하는 장치

**Table 3.** Classification of electrolysis and hydrogen extraction

구분	사진	설명
수전해 설비		·신재생에너지를 사용하여 생산한 전기로 물을 분해하여 수소를 생산하는 장치
수소 추출 설비		·고온에서 연료가스를 분해하여 수소를 생산하는 장치

장착되는 연료전지는 제외), 이동형 연료전지, 수전해 설비, 수소추출설비로 구분된다.

고정형 연료전지는 Table 1.과 같이 직접 수소용, 간접 수소용 연료전지로 구분할 수 있다. 직접 수소용 연료전지는 수전해장치, 수소추출기, 석유화학단지 등에서 생산한 수소를 직접 공급하여 전기와 열을 생산하는 장치를 말한다. 간접 수소용 연료전지는 LPG, 도시가스 등(그 외 연료 포함)에서 추출된 수소를 연료로 공급하여 전기와 열을 생산하는 장치를 말한다.

이동형 연료전지는 Table 2.와 같이 수소저장용기로부터 수소가스를 직접 공급하여 전기와 열을 생산하는 장치를 말하며 드론, 지게차, 선박 등 모빌리티의 동력장치로 사용된다.

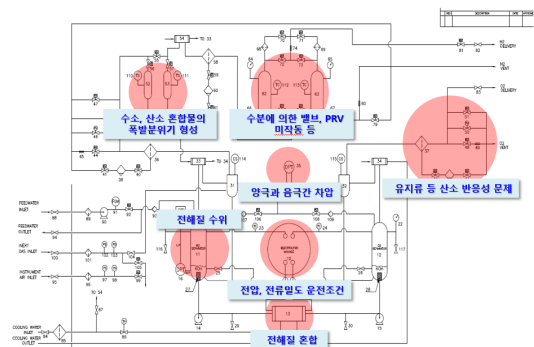
수전해장치는 Table 3.과 같이 화력, 태양광, 풍력 등으로 발전하여 생산한 전기로 물을 분해하여 수소를 생산하는 장치이다. 수소추출기는 고온에서 천연가스, LPG 등(그 외 연료포함)을 분해하여 수소를 생산하는 장치이다.

### III. 수소용품별 위험분석 통한 안전기준 제정

#### 3.1. 수전해설비 위험요소 및 주요안전기준

수전해설비는 물을 전기분해하여 수소를 제조하는 설비로 위험요소는 Fig.1.과 같이 수소 및 산소의 혼합에 따른 폭발분위기 형성과 수분 및 전해질, 차압 등에 따른 설비의 이상작동 혹은 작동불량 등이 위험요소이다.

수전해설비의 가장 큰 위험요소는 수소제조 시 산소가 혼입되어 폭발사고를 발생시킬 수 있다는 점이다. 공기 중 수소의 폭발범위는 (4 ~ 75) mol%이나 산소중 수소는 (4 ~ 94) mol%로 폭발범위가 확대되어 그 위험성이 증가된다. 국제 표준 ISO 22734 등의 해외 수전해 안전기준은 폭발하한계 4 mol%와 폭발상한계 94 mol%의 50 mol%를 초과하면 시스템 정지를 통



**Fig. 1.** Risk factor of electrolysis.

**Table 4.** Type of control error for electrolysis

No	이상상황
1	셀, 스택의 공급전압 이상
2	셀, 스택 온도의 현저한 상승
3	셀, 스택의 과전류
4	셀, 스택의 안전성능 변화를 유발하는 차압 발생
5	수용액 수위 현저히 낮음
6	물, 수용액 유량의 현저한 저하
7	외함 내 수소농도 1% 초과
8	발생 수소 중 산소농도 3% 초과
9	발생 산소 중 수소농도 2% 초과
10	수용액, 산소, 수소가 통하는 부분 압력 상승
11	수전해설비안 환기 이상
12	수전해설비 안 온도의 현저한 상승 혹은 저하
13	수소정제장치의 이상상황 발생

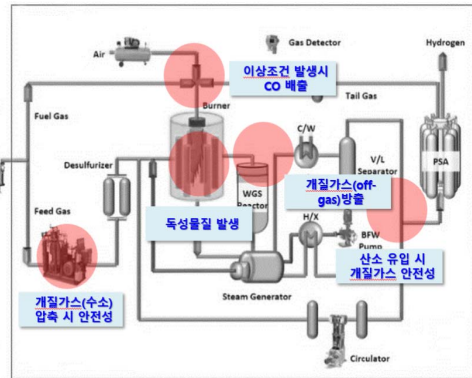
해 안전성을 확보하도록 규정되어 있다.[1] 이에 국내 수전해설비의 안전 확보를 위해 수소 중 산소, 산소 중 수소를 감지하는 센서를 의무화하였으며 응답시간, 정확도 등을 고려하여 산소 중 수소 2%, 수소 중 산소 3%를 초과하면 수전해설비를 자동으로 정지하는 인터록 제어시스템을 추가하도록 규정하였다.

또한 수전해설비의 제어장치는 공급전압 이상, 온도의 이상상승, 수용액의 유량저하 등 13개 항목의 수전해설비 위험요소의 이상발생 시 시스템이 안전하게 정지하도록 수전해설비 안전기준인 『KGS AH271 2021 수전해설비 제조의 시설·기술·검사기준』에 포함하였다.

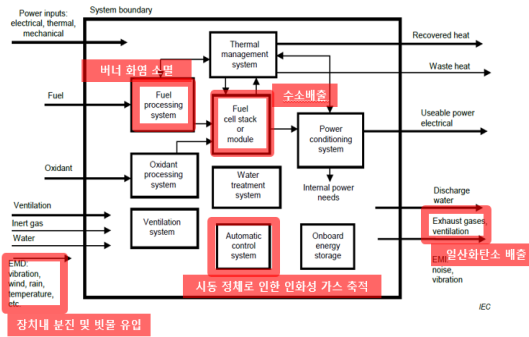
**3.2. 수소추출설비 주요안전기준**

수소추출설비는 도시가스(LNG) 또는 액화석유가스(LPG) 등으로부터 수소를 추출하여 생산하는 설비로 주요 위험요소는 개질시 발생하는 독성물질(니켈카르보닐) 발생, 이상조건에서의 일산화탄소(CO) 배출, 개질가스의 압축 안정성, 산소유입 등이 주요 위험요소이다.[2]

수소추출기 반응기내 개질 반응시 주로 니켈 촉매가 사용되며 니켈성분은 200℃ 이하 조건에서 중간생성물인 일산화탄소와 결합하여 니켈카르보닐(Ni(CO)4)을 식(1)과 같이 생성할 수 있다.[2]



**Fig. 2.** Risk factor of hydrogen generators using fuel processing technologies.



**Fig. 3.** Risk factor of gas fuel cell.

니켈카르보닐은 맹독성 물질로 흡입시 기관지 및 폐포에 작용하여 중증 장애를 유발할 수 있다. 니켈카르보닐의 허용농도(TLV-TWA)는 0.001 ppm이다. 수소추출설비의 안전기준에는 니켈카르보닐의 발생을 예방하기 위해 운전 시작전 반응기의 온도가 250℃ 이하인 경우 반응기 내부로 연료가스 투입을 제한하도록 규정하였고, 운전의 정지 및 종료시 반응기 온도가 250℃ 이하로 내려가기 전에 반응기 내부로 연료가스 투입을 제한하고 반응기 내부 가스를 외부로 안전하게 배출하도록 안전기준을 제정하였다.

또한, 수소추출설비의 개질용 연소기를 사용함에 따라 독성가스인 일산화탄소(CO)를 배출하게 된다. 일산화탄소는 특히 밀폐된 공간에서 사망사고 등 중대사고를 유발하는 가스이다. 안전기준에서는 정상작동시 배기가스 중 일산화탄소 농도를 300 ppm으로 제한하였다. 배기구 차단, 공기공급 차단 및 전압변동 등의 이상작동시 배기가스 중 일산화탄소 농도를 600 ppm으로 제한하도록 안전기준에 포함되었다.

위의 주요안전기준을 포함하여 수소추출기 안전기준인 『KGS AH171 2021 수소추출설비 제조의 시설·기술·검사기준』을 제정하였다.

**3.3. 고정형 연료전지 주요안전기준**

고정형 연료전지의 주요 위험요소는 일산화탄소(CO) 배출 및 수소가스(H2)의 배출, 버너의 화염의 불안정성, 장치내 분진 및 빗물유입, 시동 정체로 인한 인화성 가스 축적 등이다. [5]

고정형 연료전지의 기준 배출가스 안전기준은 Fig.4.와 같이 연소가스 중 일산화탄소의 농도가 일률적으로 0.1 % 이하로 규정하고 있다.[6] 하지만 해외에서는 기동, 정격, 부하, 정지단계에서 일산화탄소농도를 세분화하여 규정하고 있으며 일산화탄소농도 기준은 0.1 %보다 낮은 농도로 배출할 것을 규정하고 있다. 따라서 고정형 연료전지의 안전기준은 기동상태에서는 0.1 %, 정격 및 부하상태는 0.02 %로 안전기준을 강화하였다.[5]

직접 수소를 사용하는 고정형 연료전지는 스택으로부터 미반응된 수소가스를 배기구를 통해 일부 배출하며 그로 인해 실내 밀폐된 공간에 설치되는 고정형 연료전지의 경우 수소가스 누출 시 화재폭발의 위험이 존재한다. 안전기준은 고정형 연료전지(고분자 전해질, 고체산화물 등)의 배기가스 중 수소농도를 50ppm 이내 제한하도록 수소배출가스의 안전기준을 강화하였다.

고정형 연료전지의 흡·배기구는 보일러와 동일한 한스테인리스 강관을 성형하여 사용한다. 흡·배기구를 통하여 버너의 공기공급 및 배기가스 배출이 이루어진다. 흡기구나 배기구의 변형 혹은 주변 유풀로 인해 버너로의 산소공급이 부족할 때 불완전연소 발생 혹은 연기의 소화 연료전지 성능 및 안전성에 악영향을 미칠 수 있다. 북미, 유럽 등 해외에서는 가스/공기 비례제어장치의 설치하여 일산화탄소의 배출을 방지하고 연료전지 등을 보호할 수 있도록 강제하고 있다. 안전기준에서는 팬으로 공급되는 전압을 점차적으로 감소시키거나 배기가스 배기구 또는 급기구를 점차적으로 폐쇄하였을 때 독성가스인 일산화탄소의 농도가 규정보다 초과하기 전에 제어장치를 통

KGS AB 934		수소법 고정형 연료전지 상세기준	
정격	CO농도 0.1% 이하	기동	CO 농도 1,000 ppm 이하 (0.1%)
		정격	CO 농도 200 ppm 이하 (0.02%)
		부하	CO 농도 200 ppm 이하 (0.02%)

Fig. 4. CO concentration standard of stationary fuel cell.

해 연료전지가 안전하게 정지하도록 안전기준에 포함되었다.

위의 주요안전기준을 포함하여 수소추출기 안전기준인 『KGS AH371 2021 고정형 연료전지 제조의 시설·기술·검사기준』을 제정하였다.

**3.4. 이동형 연료전지 주요안전기준**

이동형 연료전지의 종류는 지게차, 드론, 트램 및 선박 등이 있고 주요 위험요소는 Fig.5.와 같이 수소,

Table 5. CO concentration standard of air proving for stationary fuel cell

이상현상	일산화탄소(CO)
급기구 막힘	400 ppm
배기구 막힘	400 ppm
농도 초과	해당 농도를 초과전 기기 정지

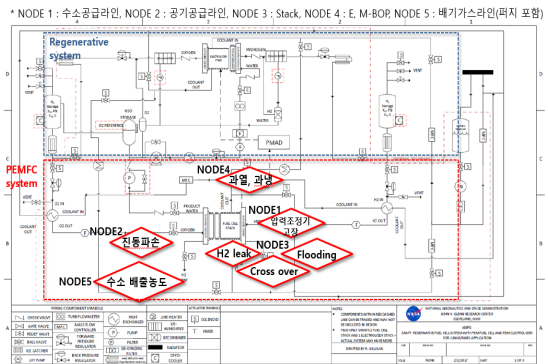


Fig. 5. Risk factor of mobile fuel cell[9].

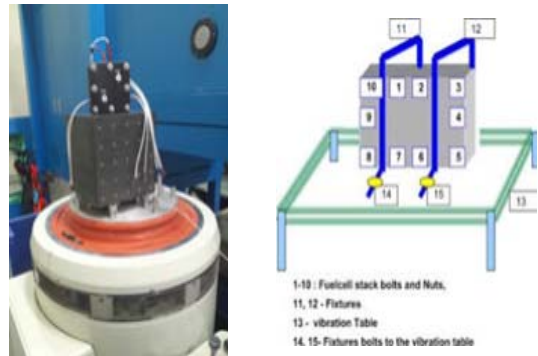


Fig. 6. Vibration test for mobile fuel cell.

일산화탄소 및 메탄올의 배출과 이동에 따른 진동과 손, 수소가스누출과 과열 및 과냉의 발생 등이다.[7]

이동형 연료전지의 안전기준은 지게차 및 드론이 제정되었고 각 고유주파수에 따라 Fig.6.과 같은 진동 시험을 실시하도록 안전기준에 포함하였다.

이동형 연료전지 중 하나인 직접메탄올 연료전지(DMFC)가 수소법 상세기준에 포함되어 메탄올 용기, 폐수방출 및 배출가스 안전기준 등이 안전기준에 포함되었다. 메탄올의 허용농도는 TLV-TWA기준이 200 ppm, TLV-STEL기준이 250 ppm이다. 이동형 연료전지 안전기준의 메탄올 배출기준이 250 ppm으로 규정하였다.

위의 주요안전기준을 포함하여 수소추출기 안전기준인 『KGS AH373 2021 이동형 연료전지(드론용) 제조의 시설·기술·검사기준』과 『KGS AH372 2021 이동형 연료전지(지게차용) 제조의 시설·기술·검사기준』을 제정하였다.

#### IV. 결 론

2022년 2월 5일부터 시행될 수소용품 검사에 대비하여 수소용품 4종에 대한 안전검사기준(KGS Code)을 제정하였다. 수소용품 안전검사기준은 고정형 연료전지, 이동형 연료전지(지게차용), 이동형 연료전지(드론용), 수전해설비, 수소추출설비의 총 5종에 대해 제정을 완료하였으며, 각 수소용품 검사기준은 수소용품별 위험요소를 확인하고 이상상황 발생 예방 및 발생시 안전조치 등을 포함하였다.

다만, 이번 수소용품의 안전기준은 암모니아용 개질기 안전기준, 해수 수전해 안전기준, 다양한 이동형 연료전지 안전기준(선박, 카트 등) 등이 포함되지 않아 추가적인 제정작업이 필요하다.

또한, 수전해설비의 경우, 사용압력이 1MPa이하의 제품에 대해서는 KGS code만으로 안전검사가 가능하나 사용압력이 1MPa 초과되는 수전해설비는 스택 및 필터 등이 고압가스안전관리법에 따른 압력용기에 포함되기 때문에 제도의 중복성 해소 및 업무효율성 등을 고려하여 지속적인 사례연구 및 부합화가 필요하다.

이번에 제정된 수소용품 기준은 해외의 수소기준,

국내 제조사의 기술수준 및 위험요소에 대한 안전대책 등을 반영하여 제정된 기준이다. 국제기준은 지속적으로 제정 혹은 개정되고 있고 국내 제조사의 기준 적용이 불가능한 항목은 국내 안전기준에 미적용 및 유예기간 부여 등으로 완화되어 있는 만큼 지속적인 안전기준 업그레이드가 필요할 것이다.

다만, 이번 전 세계적으로 유일한 수소용품 검사기준 제정으로 국내 수소용품의 안전성 확보뿐만 아니라 HySafe 등 해외 수소안전전문기관과의 협력 확대 및 국제표준 위원회인 ISO/IEC 기술위원회(IEC/TC105 (연료전지), ISO/TC197(수소안전)) 등의 컨비너활동(Convenor) 등을 통해 국내 수소용품 안전기준이 국제표준으로 지정되도록 하여 글로벌 표준시장을 선점하도록 노력해야 할 것이다.

#### REFERENCES

- [1] ISO 22734:2019 “Hydrogen generator using water electrolysis process”
- [2] ISO 16110-1:2007 “Hydrogen generators using fuel processing technologies – Part1 : Safety”
- [3] ISO 16110-2:2010 “Hydrogen generators using fuel processing technologies – Part2:Test methods for performance”
- [4] IEC 62282-3 series:2019 “Fuel cell technologies – Part3 – Stationary fuel cell power systems”
- [5] EN 50465:2015 “European product standard for combined heating power systems using gas fuel”
- [6] KGS AB934:2019 “가스용 연료전지 제조의 시설·기술·검사기준”
- [7] IEC 62282-4-101:2014 “Fuel cell technologies – Part4-101:Fuel cell power systems for propulsion other than road vehicles and auxiliary power units(APU) - Safety of electrically powered industrial trucks”
- [8] IEC 62280-2-102:2017 “Fuel cell technologies. Fuel cell power systems for industrial electric trucks. Performance test methods”
- [9] National PEMFC system, Ref. Ryan P. Gilligan et al. 2017.