



2023

선박용 연료전지 시스템 지침

한 국 선 급



2023

선박용 연료전지 시스템 지침

GC-12-K

한 국 선 급

“선박용 연료전지 시스템 지침”의 적용

1. 이 지침은 별도로 명시하는 것을 제외하고 2023년 7월 1일 이후 건조계약 되는 선박에 적용한다.
2. 2022년판 지침 대비 개정사항 및 그 적용일자는 아래와 같다.

적용일자 : 2023년 7월 1일 (건조 계약일 기준)

- IMO MSC.1/Circ.1647 (15 June 2022) 연료전지 전력 설비를 사용하는 선박의 안전을 위한 잠정기준이 정식 발행되어 이를 반영함.

차 례

제 1 장 총칙	1
제 1 절 일반사항	1
제 2 장 구조 및 설비	5
제 1 절 일반사항	5
제 2 절 연료전지 전력 설비의 설계 원칙	5
제 3 절 화재 안전	7
제 4 절 전기시스템	8
제 5 절 제어, 감시 및 안전장치	9
제 6 절 연료전지 관련 보기	12
제 7 절 제조 및 시험	12

제 1 장 총칙

제 1 절 일반사항

101. 적용 (2020)

1. 이 지침은 보조 또는 주전원으로 사용하는 선박용 연료전지 전력 설비에 적용한다.
2. 이 지침의 범위는 102.의 3항 (4)호의 연료전지 전력 설비 및 이를 포함하는 구역의 배치와 설계에 대한 요건을 주로 다룬다. 이 지침 이외의 연료의 저장, 준비, 분배 등과 같은 규정은 사용되는 연료에 따라 **저인화점연료선박 규칙**의 해당 규정을 적용한다. (2022)
3. 연료전지 전력 설비 관련 이 지침에서 규정하지 아니하는 사항은 **선급 및 강선규칙**의 각 해당 요건에 따른다. 다만, 연료전지 전력 설비에 적용할 수 없는 요건은 제외한다.
4. 이 지침에 포함되지 않은 사항에 대하여는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따라 ISO, IEC, KS 또는 이와 동등한 기준에 따를 수 있다.
5. 이 지침 이외의 추가적인 요건이 요구될 수도 있다.

102. 일반 (2020)

1. 목적

이 지침의 목적은 연료전지 기술의 사용을 통한 안전하고 신뢰할 수 있는 전기 및/또는 열 에너지의 제공에 있다.

2. 기능요건

이 지침은 **저인화점연료선박 규칙**의 목적과 기능요건과 관련이 있으며 특히 다음이 적용된다.

- (1) 장치의 안전성, 신뢰성 및 신인성(dependability)은 구체적인 연료전지 형식 및 연료에 관계 없이 비교할만한 전통적인 기름연료를 사용하는 주기관과 보조기관 설치로부터 얻어진 것과 동등하여야 한다.
- (2) 연료와 관련된 위해요소의 가능성과 결과는 통풍, 탐지 및 안전조치 등의 배치 및 시스템 설계를 통해 최소화되어야 한다. 가스 누설 또는 위험 저감 수단의 고장이 발생하는 경우, 필요한 안전조치가 수행되어야 한다.
- (3) 설계는 연료전지 장치에 대한 위험 저감수단과 안전조치가 허용할 수 없는 동력의 손실로 이어지지 않도록 하는 것을 기본 개념으로 한다.
- (4) 위험구역은 선박, 선내 인원 및 장비에 대한 안전에 영향을 미칠 수 있는 잠재적 위험도를 최소화 하도록 가능한 한 제한되어야 한다.
- (5) 위험구역에 설치되는 장비는 운전 목적으로 요구되는 경우만 최소화하여 설치하여야 하고 적절한 증서를 득하여야 한다.
- (6) 연료전지 구역은 폭발성, 인화성 또는 독성가스의 농도가 의도하지 않게 축적되지 않도록 하여야 한다.
- (7) 장치 구성품은 외부 충격으로부터 보호되어야 한다.
- (8) 폭발 가능성을 줄이기 위하여 위험구역 내에 발화원은 최소화 하여야 한다.
- (9) 관장치 및 과압도출장치는 사용목적에 적합하도록 설계, 제작 및 설치되어야 한다.
- (10) 기관, 장치 및 구성품은 안전하고 신뢰할 수 있는 작동을 보장할 수 있도록 설계, 제작, 설치, 운전, 유지보수 및 보호되어야 한다.
- (11) 연료전지 구역은 화재나 폭발로 인하여 허용할 수 없는 동력손실이 발생하거나 다른 구역에 있는 장비가 작동불능이 되지 않도록 배치되어야 한다.
- (12) 안전하고 신뢰할 수 있는 작동을 위하여 적합한 제어, 경보, 감시 및 차단장치를 제공하여야 한다.
- (13) 해당되는 모든 구역 및 지역에는 고정식 누출탐지장치를 설치하여야 한다.
- (14) 해당되는 위해요소에 적절한 화재탐지, 방화 및 소화장치를 제공하여야 한다.
- (15) 연료장치 및 가스사용기관의 시운전(commissioning), 해상시운전(sea trial) 및 유지보수는 안전, 가용성 및 신뢰성을 만족시키도록 해야 한다.
- (16) 장치 및 그 구성품이 사용된 규칙, 지침, 설계표준 및 안전, 가용성, 유지보수성 및 신뢰성과 관련된 원칙에 적합함을 기술문서를 통해 평가할 수 있어야 한다.
- (17) 장치 또는 구성품의 단일 고장이 안전하지 않거나 신뢰할 수 없는 상태로 이어져서는 안 된다.
- (18) 안전한 접근 수단이 작동, 검사 및 유지보수를 위하여 제공되어야 한다.

3. 정의

아래에서 달리 명시되지 않는 한 이 지침의 목적을 위하여 SOLAS Chapter II-2 및 저인화점연료선박 규칙의 정의를 따른다.

- (1) 연료전지라 함은 전기화학적 산화에 의하여 연료전지용 연료의 화학적 에너지를 전기 및 열에너지로 직접 변환시키는 전력원을 말한다.
- (2) 연료전지스택이라 함은 일반적으로 수소가 풍부한 가스 및 공기 반응물을 DC 전력, 열 및 기타 반응 생성물로 전기화학적으로 변환하는 셀, 분리판, 냉각판, 매니폴드 및 지지구조의 조립체를 말한다. (2022)
- (3) 연료전지모듈이라 함은 한 개 또는 두 개 이상의 스택 및 해당되는 경우 전력시스템에 통합되도록 의도된 추가 구성품을 통합하는 조립체를 말한다. 연료전지모듈은 연료전지스택, 연료, 산화제 및 배기가스를 운반하기 위한 관장치, 스택에 의해 전달되는 전력을 위한 전기 연결부, 그리고 감시 또는 제어수단과 같은 주요 구성 요소로 구성된다. 또한 연료전지모듈은 추가 유체(예: 냉각 매체, 불활성 가스)를 전달하기 위한 수단, 정상 및 비정상 작동 조건을 감지하기 위한 수단, 인클로저, 모듈 환기장치, 모듈 작동 및 전력 조절에 필요한 전자 부품을 추가적으로 구성할 수 있다. (2022)
- (4) 연료 개질기라 함은 가스 또는 액체 1차 연료를 연료전지에 사용되는 개질된 연료로 처리하기 위한 연료 개질 장비에 관련된 모든 배치를 말한다.
- (5) 연료전지 전력시스템(fuel cell power system)이라 함은 연료전지, 해당하는 경우 연료 개질기 및 관련 관장치를 말한다.
- (6) 연료전지 전력 설비(fuel cell power installation)라 함은 선박에 전력을 공급하기 위하여 요구되어지는 연료전지 전력 시스템, 다른 구성품 및 장치를 말한다. 연료전지의 작동을 위한 보조장치를 또한 포함할 수 있다. (그림 1.1 참조)

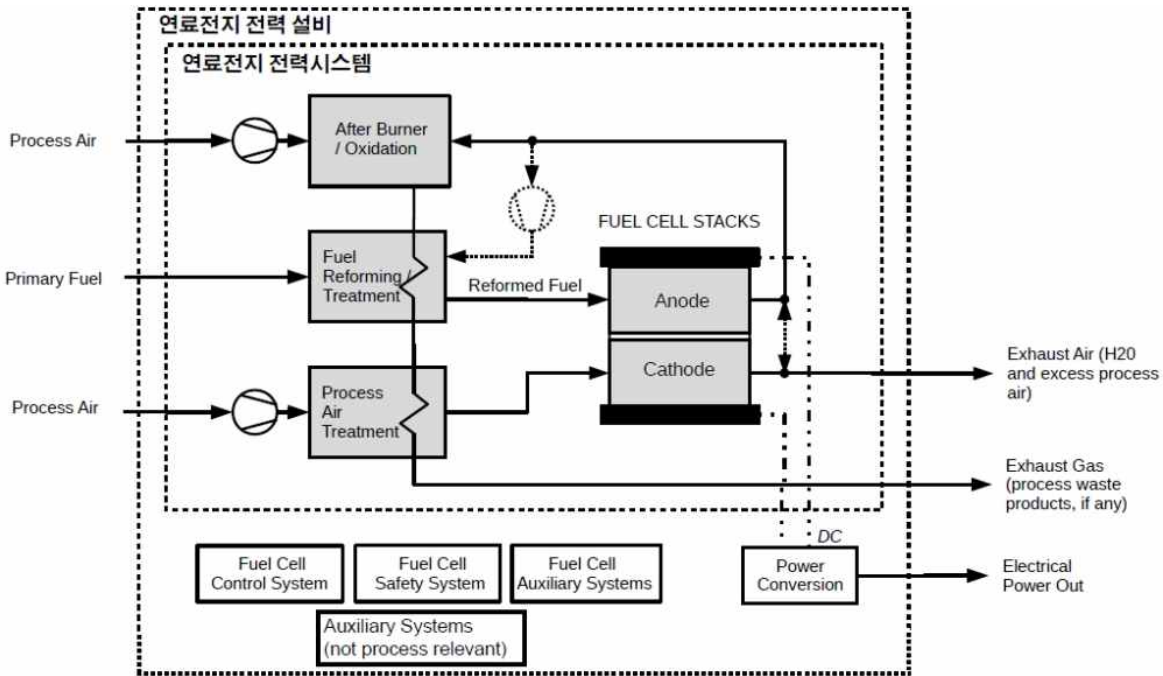


그림 1.1 전형적인 연료전지 전력 설비의 구성

- (7) 연료전지 구역이라 함은 연료전지 전력 시스템 또는 연료전지 전력 시스템의 일부를 포함하는 구역을 말한다. (그림 1.2 참조)
- (8) 개질된 연료라 함은 연료 개질기에서 발생된 고농도의 수소가스를 말한다.
- (9) 1차 연료(primary fuel)라 함은 연료전지 전력 시스템에 공급되는 연료를 말한다.
- (10) 배기가스(exhaust gas)라 함은 개질기 또는 연료전지의 연료극(anode)에서 나오는 배기를 말한다.
- (11) 배기공기(exhaust air)라 함은 연료전지 공기극(cathode)에서 나오는 배기를 말한다.
- (12) 공정용 공기(process air)라 함은 개질기 및/또는 연료전지의 공기극(cathode)으로 공급되는 공기를 말한다.

- (13) 환기 공기(ventilation air)라 함은 연료전지 구역을 환기시키는 데 사용되는 공기를 말한다.
- (14) 최저폭발한계(LEL)라 함은 폭발이 일어나는 가스 농도의 하한계(lower explosive limit)를 말한다. 이 지점에서 인화성 범위 하한치(lower flammable limit)와 동일하게 간주되며 수소의 경우 4.0 % 부피율을 가진다. (2023)

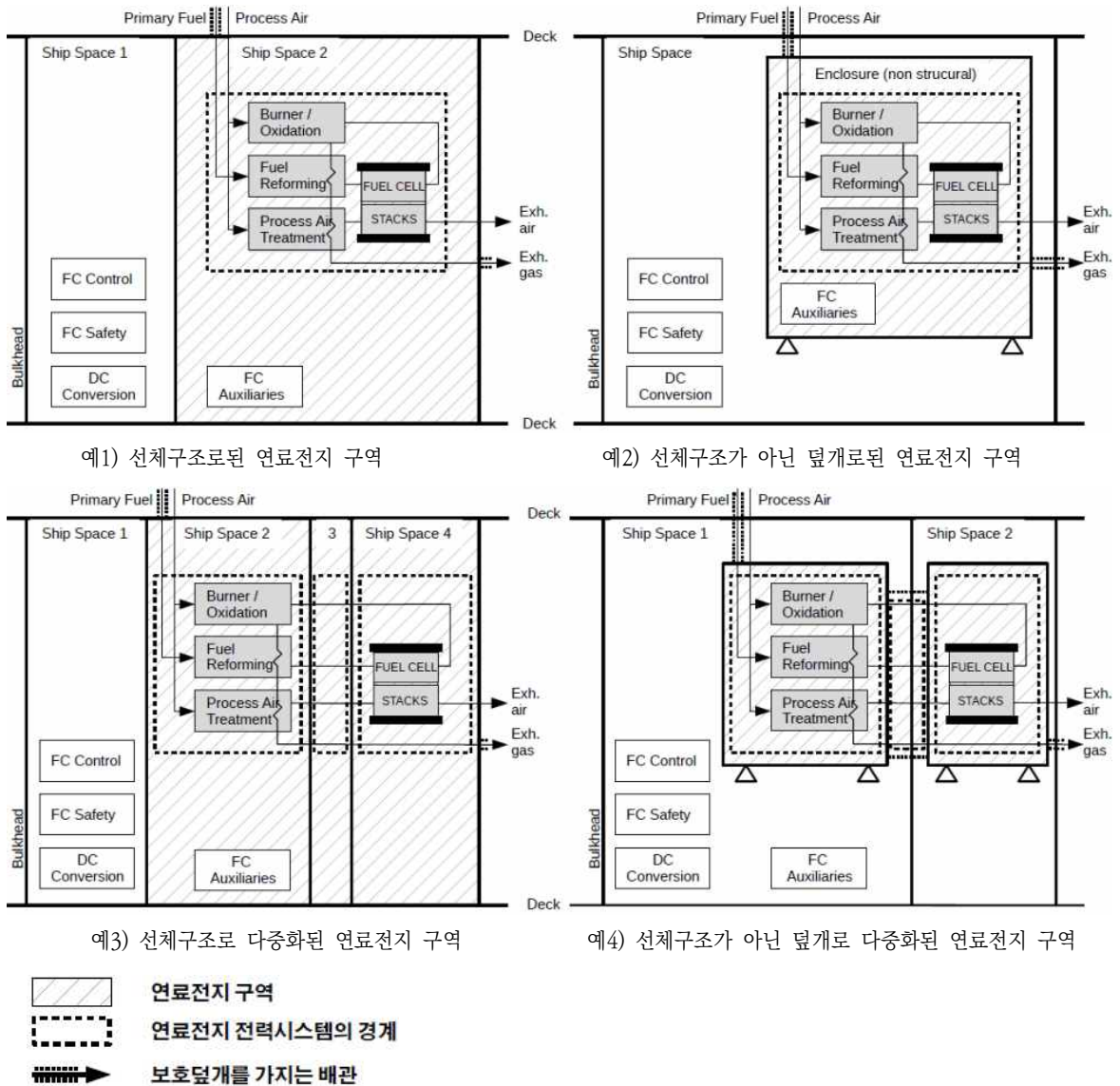


그림 1.2 연료전지 구역 배치의 예

103. 선급부호

- 보조 또는 주전원으로 사용하는 연료전지 전력 설비는 이 지침의 요건에 만족하여야 하며 추가특기사항으로서 다음과 같이 선급부호를 부여한다.
 - (1) 연료전지의 전력이 추진, 중요용도 또는 비상용 전원의 공급에 사용될 경우, FC-PWR 부호를 부여한다.
 - (2) 연료전지의 전력이 추진, 중요용도 또는 비상용 전원의 공급에 사용되지 않을 경우, FC 부호를 부여한다.

104. 대체설계 (2020)

- 이 지침은 연료전지 기술의 사용에 관한 모든 기기 및 배치를 위한 기능요건을 포함한다.
- 연료전지 전력시스템의 기기 및 배치는 관련 장에서 규정하는 목적과 기능요건의 의도를 충족시키고 동일한 수준의 안전성을 보장한다면 이 지침에서 규정하는 내용과 다를 수 있다.
- 대체 설계의 동등효력은 SOLAS II-1/55에 명시된 바와 같이 증명되고 우리 선급의 승인을 받아야 한다. 다만, 우리 선급은 이 지침에서 규정하는 특정 부착품(fitting), 재료, 기기, 장치, 장비의 항목 또는 형식에 대하여 운전방법 또는

절차상의 조치로 대신하는 것을 허용하지 않는다.

105. 제외사항

우리 선급은 연료전지 전력 설비에 대하여 이 지침에 명시되지 않은 기타 기술적인 특성에 대하여는 책임을 지지 아니한다. 다만, 상기 사항에 대하여 신청이 있을 때는 자문에 응할 수 있다. ↕

제 2 장 구조 및 설비 (2020)

제 1 절 일반사항

101. 일반

1. 연료전지 전력 설비로부터 추진 또는 중요 용도에 전원이 공급될 경우, 연료전지 전력 설비의 어느 한 구성품이 고장 날 경우에도 선급 및 강선규칙 6편 1장 1601.의 3항에 따른 충분한 추진 또는 중요 용도에 전원 공급이 유지되어야 한다.
2. 블랙아웃 또는 데드쉽 상태에서 동력의 회복에 연료전지 전력 설비로부터 동력을 필요로 할 경우, 각 경우마다 회복 수단이 문서화되고 승인되어야 한다.

102. 위험도 평가 (2023)

1. 연료전지 전력 설비의 새로운 또는 대체 개념이나 배치에 대하여, 선박의 보존성에 영향을 주는 연료전지의 사용으로부터 발생하는 모든 위험성을 확실히 규명하기 위하여 위험도 평가를 수행하여야 한다. 합리적으로 예측 가능한 고장에 따른 설치, 운전 및 유지보수와 연관된 위해요소(hazards)에 대하여 고려하여야 한다.
2. 위험도는 수용할 수 있는 공인된 위험도 해석기법을 사용하여 해석하여야 하며, 상세사항은 **저인화점연료선박 규칙 3장 2절**에 따른다. 해석에 있어서 구성품의 기계적 손상, 운전 및 날씨 관련 영향, 전기 결합, 원치 않는 화학 반응, 독성, 연료의 자동발화, 화재, 폭발 및 단기 정전(블랙아웃)을 최소한 고려하여야 한다. 해석을 통해 가능한 모든 위험을 제거해야 한다. 제거할 수 없는 위험은 필요한 수준까지 완화하여야 한다.

제 2 절 연료전지 전력 설비의 설계 원칙

201. 연료전지 구역

1. 연료전지 구역의 개념 (2023)

- (1) 연료전지 구역에서의 가스 폭발의 가능성을 최소화하기 위하여 이 절의 요건 또는 동등한 안전 개념을 만족하여야 한다.
 - (2) 연료전지 구역의 개념은 구역이 정상적인 상태에서는 위험하지 않은 수준으로 위험을 완화하도록 설계되었지만 특정 비정상 상태에서는 위험할 가능성이 있다.
 - (3) 전기기기로 보호되는 연료전지 구역 - 402.의 2항에 따른 구역 분류: 연료전지 구역은 위험 구역 "1"로 간주되며 모든 전기기기는 위험 구역 "1"에 대하여 인증된 제품이어야 한다. 모든 운전상태에서 연료전지스택의 표면온도가 300℃ 미만으로 유지되는 경우 연료전지스택 자체는 점화원으로 고려되지 않는다. 모든 부하 및 운전상태(표 2.2 참조)에서 연료전지 전력시스템은 즉시 차단될 수 있어야 하며 연료전지스택은 정지(de-energized)될 수 있어야 한다.
 - (4) 규정화된 구역 분류가 부적절하다고 인정되는 경우 IEC 60079-10-1에 따른 구역 분류가 402.의 1항에 따라 적용되어야 한다. 모든 전기기기는 결정되는 구역 분류에 따라야 한다.
 - (5) 203.의 3항에 따라 연료전지 구역의 불활성화가 적용된 경우 다음을 고려하여야 한다. 점화 위해요소가 불활성화로 인해 완화됨에 따라 누출이 탐지되는 경우 연료공급의 즉각적인 비상차단은 필요치 않다. 누출이 탐지된 경우 다른 전력 공급원으로 자동 전환되어야 한다. 연료전지 전력시스템의 손상을 방지하기 위하여 연료전지 및 영향을 받는 연료공급시스템의 제어된 차단이 시작되어야 한다.
2. 이 지침에서 규정하지 않은 연료전지 전력시스템 설계에 대한 사항은 우리 선급에서 적절하다고 인정하는 산업표준(예를 들면, IEC 62282-2-100, IEC 62282-3-100 또는 이와 동등한)을 연료전지의 다양한 기술 및 형식, 선박환경에서의 운전조건을 고려하여 적절히 따라야 한다. (2023)

202. 배치 및 접근

1. 연료전지 전력 설비는 시스템의 안전한 운전을 위하여 필요한 모든 감시 및 제어 시설을 갖추고 자동 운전하도록 설계되어야 한다.

2. 연료전지 구역 외부의 쉽게 접근 가능한 장소에서 연료전지 전력시스템을 비상 정지할 수 있어야 한다.
3. 연료전지 전력 시스템에서 1차 연료 및 개질된 연료를 안전하게 제거할 수 있는 수단이 제공되어야 한다.
4. 정비 및 정지를 위한 안전한 상태로 각 연료전지 전력시스템을 설정하기 위한 수단이 제공되어야 한다.
5. 가스가 시스템 매체(예를 들면, 냉각수)로 직접 누출될 수 있는 연료전지 전력시스템의 보조시스템의 경우, 이러한 보조시스템은 가스 확산을 방지하기 위해서 시스템으로부터 매체 출구에 최대한 가깝게 적절한 가스 추출 및 탐지 수단이 갖추어져야 한다. 보조시스템 매체에서 추출된 가스는 개방압판의 안전한 곳으로 배출되어야 한다.
6. 개질기가 장착되는 경우 개질기는 연료전지의 일부로 통합되거나 또는 개질된 연료 배관이 연료전지에 연결되는 독립적인 장치로써 배치될 수 있다.
7. 선박의 다른 폐위구역과 마주하는 연료전지 구역의 경계는 가스밀이어야 한다.
8. 연료전지 구역은 거주구, 업무구역, A류 기관구역 및 제어장소 외부에 배치되어야 한다.
9. 연료전지 구역은 연료 누출을 안전하게 포함하고 적절한 누출 탐지장치를 제공하여야 한다. 연료전지 구역은 수소 가스의 축적을 피하기 위하여 상부에 방해되는 구조를 갖지 않고 간단한 기하학적 형상을 가지도록 배치 되어야 한다.
10. 연료 개질기를 포함하는 연료전지 구역은 1차 연료와 관련된 요건 또한 따라야 한다.
11. 개방압판으로부터 연료전지 구역으로의 독립적이고 직접적인 접근이 배치될 수 없는 경우, 연료전지 구역에 대한 접근은 에어로크를 통해 이루어져야 한다.
12. 연료전지 구역 내부 장비의 안전한 정지, 연료장치의 차단, 누출의 배수, 내부 공기의 가스프리가 확인되기 이전에 연료전지 구역으로의 접근이 필요치 않고 가능하지 않도록 하는 적절한 기술적 준비가 있는 경우, 에어로크는 요구되지 않는다. 이러한 기술적 준비에는 최소한 다음을 포함하여야 한다. (2023)
 - (1) 장비 및 구역의 안전한 운전과 가스프리에 필요한 모든 제어는 구역 외부로부터 원격으로 이루어져야 한다.
 - (2) 안전한 운전 및 가스프리에 필요한 모든 파라미터는 원격으로 감시되고 경보가 주어져야 한다.
 - (3) 구역 개구에는 구역이 열린 상태에서 작동을 방지하는 인터록(interlocked)을 갖추어야 한다.
 - (4) 구역에는 구역 외부에서 원격 작동에 의한 적절한 연료 누출 회수 및 배수 장치가 제공되어야 한다.
 - (5) 유지보수를 위해 내부의 연료장비가 연료시스템에서 격리되고, 연료가 배출되고, 안전하게 퍼지될 수 있는 배치가 준비되어야 한다.

203. 연료전지 구역의 대기 제어

1. 일반

연료가 공급되는 구성품을 둘러싸는 외부 경계에 의해 연료전지 구역의 보호하는 것은 통풍 또는 불활성화에 의해 달성될 수 있다. 이러한 방법은 구역의 안정성을 보장하기 위해 등등하게 수용 가능해야 한다.

2. 연료전지 구역의 통풍

- (1) 연료전지 구역은 누출 가능성이 있는 연료 가스의 밀도를 고려하여 전체 구역의 부압을 유지하기 위한 효과적인 기계식 통풍장치를 설치하여야 한다.
- (2) 개방압판에 설치되는 연료전지 구역의 경우 양압 통풍이 고려될 수 있다.
- (3) 연료전지 구역의 환기율은 기술적인 고장으로 인해 발생할 수 있는 모든 최대 누출 시나리오에서 가스/증기 평균 농도를 최저폭발한계(LEL)의 25% 아래로 희석하기에 충분해야 한다. (2023)
- (4) 연료전지 구역의 통풍을 위해 사용되는 모든 덕트는 다른 구역에 공급되어서는 아니 된다.
- (5) 개질된 연료관 또는 누출원을 포함하는 구역으로부터의 통풍 덕트는 가스 축적의 모든 가능성을 피할 수 있도록 설계 및 배치되어야 한다.
- (6) 연료전지 구역의 통풍을 위하여 팬 1개 손실 시 100% 이중화를 제공할 수 있도록 2개 이상의 팬을 설치해야 한다. 100% 통풍 용량에는 비상전원이 공급되어야 한다. (2023)
- (7) 한 개의 팬에 고장이 발생한 경우 경보를 발생시키고 다른 팬으로의 자동 전환이 제공되어야 한다. (2023)
- (8) 연료전지 구역에서 통풍이 상실되거나 또는 부압이 상실된 경우 연료전지 전력시스템은 제어된 연료전지의 자동 정지와 연료 공급의 차단이 수행되어야 한다.
- (9) 연료전지 구역을 위한 통풍 공기 흡입구는 비위험 구역에 설치되어야 한다.
- (10) 비위험 폐위구역의 공기흡입구는 위험구역 경계로부터 최소 1.5 m 이상 떨어진 비위험 구역에 설치되어야 한다.
- (11) 연료전지 구역으로부터의 공기 출구는 통풍되는 구역과 같거나 적은 위험이 있는 개방 구역에 위치하여야 한다.

3. 연료전지 구역의 불활성화

불활성화는 다음 사항을 모두 만족하는 경우 연료전지 구역의 대기 제어로 허용된다. (2023)

- (1) 불활성화에 의한 보호는 연료전지 구역이 불활성화 중이거나 불활성화된 상태에 입장이 불가능한 경우에만 허용되

- 며 불활성 가스가 인접 공간으로 누출되는 것을 방지할 수 있는 기밀 배치이어야 한다.
- (2) 불활성화 장치는 FSS code 15장 및 **저인화점연료선박 규칙 6장 13절, 6장 14절**에 따라야 한다.
 - (3) 불활성 매체의 압력은 항상 양압으로 유지되고 감시되어야 한다.
 - (4) 연료전지 구역 외부 경계의 틈 또는 연료가 흐르는 공간(예를 들면, 연료전지 스택, 개질기 등)의 틈을 나타내는 압력의 변화 시 연료공급의 제어된 차단이 작동되어야 한다.
 - (5) 연료전지 구역은 불활성 매체를 배출하기 위한 기계식 통풍장치가 설치되어야 한다.
 - (6) 불활성화된 연료전지 구역에 대한 접근은 연료 공급이 중단 및 감압되거나 폐지되고 구역이 신선한 공기로 완전히 환기된 경우에만 가능해야 한다.
 - (7) 불활성화 장치는 정비 또는 검사가 진행되는 중에는 작동할 수 없어야 한다.

204. 재료

1. 연료전지 전력시스템의 재료는 의도된 용도에 적합하여야 하며 공인된 표준을 준수하여야 한다. 수소와의 접촉이 예상되는 장소에서는 필요에 따라 수소 취성으로 인한 열화(deterioration)를 방지하기 위해 적절한 재료를 사용해야 한다. (2023)
2. 연료전지 전력시스템 내부에 가연성 재료의 사용은 최소화하여야 한다.

205. 연료전지 전력시스템의 배관 배치

수소 또는 개질된 연료를 포함하는 연료전지 전력시스템의 모든 배관은 다음을 따라야 한다.

1. 연료전지 구역 외부의 폐위구역을 통과하지 않아야 한다. 폐위구역 통과가 필요한 경우 **저인화점연료선박 규칙 9장 501.**에 따른 2차 밀폐로 보호되어야 한다. (2023)
2. 가능한 한 완전 용접되어야 한다.
3. 연결부의 수는 최소화되어야 한다.
4. 밸브, 플랜지 및 실(seals)과 같이 수소 누출이 발생할 수 있는 장소에서는 수소 누출을 탐지할 수 있는 고정식 수소 탐지기를 설치하여야 한다. (2023)

206. 배기가스 및 배기공기

연료전지 전력시스템으로부터의 배기가스 및 배기공기는 연료전지 구역의 통풍장치를 제외한 다른 통풍장치와 연결되지 않아야 하며 개방구역의 안전한 장소로 배출되어야 한다.

제 3 절 화재 안전

301. 화재 및 폭발 안전에 대한 일반 규정

연료전지 구역은 가스 축적 또는 가스 포켓 형성을 최소화하는 기하학적 형태를 제공하도록 설계되어야 한다.

1. 연료전지 구역은 화재 방지 목적으로 SOLAS II-2에 따라 A류 기관구역으로 간주되어야 한다.
2. 연료전지 구역의 경계는 A-60급으로 방열되어야 한다. A-60급 방열이 실행 불가능한 경우 동등 수준의 안전을 제공하는 대체 경계 설계를 우리 선급이 인정할 수 있다.
3. 소화장치는 제안된 연료전지 기술 및 구체적인 연료의 사용에 적합하여야 한다. 사용되는 연료의 특성을 고려하여 동등한 수단이 위험도 평가에 의하여 증명되는 경우 우리 선급은 대체 화재 안전 수단을 인정할 수 있다.
4. FSS Code에 따른 고정식 화재탐지장치 및 화재경보장치가 설치되어야 한다. (2023)
5. 화재탐지장치의 형식과 배치는 연료전지 전력 설비에 존재할 수 있는 연료 및 가연성 가스를 충분히 고려하여 선택되어야 한다. (2023)
6. 연료전지 구역에는 적절한 화재탐지기가 설치되어야 한다. 가스 연료를 사용하는 경우 연기탐지기만으로는 신속한 화재탐지에 충분한 것으로 간주하여서는 아니 된다. (2023)

302. 화재 및 폭발 보호

1. 단일 격벽에 의해 분리된 연료전지 구역은 어느 한 구역에서의 가스 폭발이 인접구역의 보전성과 장비에 영향을 주지 않게 견딜 수 있는 충분한 강도를 가져야 한다.

2. 예를 들어 배관의 파열이나 가스킷의 파열과 같이 위험한 과압으로 이어지는 고장은 폭발압력 도출장치 및 비상차단 배치로 완화하여야 한다. 폭발압력 도출장치로서 폭발이 발생했을 경우 폭발압력이 강도가 약한 벽면을 통해 집중되도록 하는 폭연 방출구를 연료전지 구역 일부 벽면에 설치할 수 있다. 이 경우, 폭연방출구는 여객구역, 거주구역, 제어장소, 기관구역 등 인명의 안전과 선박의 운항에 관계되는 구역과 접해서는 아니 된다. (2023)
3. 연료전지 구역의 가스 축적 및 폭발 가능성은 다음 중 하나 이상을 포함할 수 있는 완화 계획에 의하여 최소화 되어야 한다. 위험도 평가 결과에 근거하여 완화 계획이 최종 결정되어야 한다. (2023)
 - (1) 반응을 시작하기 전에 연료전지 전력시스템을 퍼징
 - (2) 비상정지 후 필요에 따라 시스템을 퍼징
 - (3) 연료전지 연료격납설비에서의 고장 감시 제공
 - (4) 연료전지 연료관로의 공기 유입 또는 연료전지 연료의 공기관 유입 가능성 감시
 - (5) 압력 및 온도의 감시
 - (6) 연료전지 시스템의 다른 섹션이나 주변 공간으로의 반응 전파를 억제하거나 관리하기 위하여 사전 프로그래밍된 시퀀스를 구현
 - (7) 우리 선급이 인정하는 기타 전략

303. 소화 (2023)

1. 연료전지 구역에는 FSS Code 요건에 적합한 고정식 소화장치가 설치되어야 한다. FSS Code에 규정되지 않은 소화장치를 적용하는 경우, 소화장치는 화재시험자료 또는 기술자료 등을 통해 화재성능이 입증되어야 한다.
2. 소화장치는 특정 1차 연료, 개질된 연료 및 제안된 연료전지 기술과 함께 사용하기에 적합하여야 한다.
3. 고정식 소화장치는 보호될 구역의 화재 성장 가능성을 충분히 고려하여 선택되어야 하며 쉽게 사용할 수 있어야 한다.

304. 방화댐퍼 (2023)

1. 연료전지 구역의 공기 흡입 및 배출 개구부에는 연료전지 구역 외부에서 작동할 수 있는 자동방화댐퍼(화재에 노출되면 자동으로 닫히는)가 설치되어야 한다. 방화댐퍼의 작동장치는 화재에 의하여 전원 또는 유압 또는 공기압이 상실된 때에도 해당 댐퍼를 폐쇄하는 고장안전형(fail-safe) 이어야 한다.
2. 소화장치의 작동 이전에 자동으로 방화댐퍼가 닫혀야 한다.

제 4 절 전기시스템

401. 전기시스템의 일반 규정

1. 운전 목적 또는 안전성 향상에 필수적인 경우가 아니면 전기장비를 위험 지역에 설치해서는 아니 된다.
2. 전기장비가 위험구역에 설치되는 경우, 전기장비는 최소한 IEC 60079, IEC 60092-502 또는 동등 이상의 표준에 따라 선정, 설치 및 유지되어야 한다.
3. 단락 및 역전류의 흐름으로부터 연료전지 설비를 보호하기 위한 수단이 제공되어야 한다.

402. 구역 분류

1. 적절한 전기기기의 선정 및 적합한 전기설비의 설계를 용이하게 하기 위하여 위험구역은 2항에 따라 구역“0”, “1”, “2”로 구분된다. 2항에 주어진 규정화된 조항이 부적절하다고 인정되는 경우, 우리 선급의 특별한 고려와 함께 IEC 60079-10-1에 따른 위험구역이 적용되어야 한다.
2. 구역의 정의
 - (1) 다음의 구역은 위험구역 “0”으로 취급되어야 한다.
저인화성 연료 또는 개질된 연료가 포함된 완충 탱크, 개질기, 배관 및 장비, 압력도출관 또는 벤트장치 관의 내부
 - (2) 다음의 구역은 위험구역 “1”으로 취급되어야 한다.
(가) 수소 연료, 개질된 연료 또는 퍼지가스의 출구 또는 연료전지 구역 통풍 출구로부터 3 m 이내의 개방감판상 지역 또는 감판상 반폐위 구역.

- (나) 연료전지 배기공기 또는 배기가스 출구로부터 3 m 이내의 개방갑판상 지역 또는 갑판상 반폐위 구역.
- (다) 연료전지 구역 입구, 연료전지 구역 통풍 입구 및 구역 “1”의 기타 개구로부터 1.5 m 이내의 개방갑판상 지역 또는 갑판상 반폐위 구역.
- (라) 기타 수소 연료 또는 개질된 연료의 방출원이 위치한 곳로부터 3 m 이내의 개방갑판상 지역 또는 갑판상 반폐위 구역.
- (마) 연료전지 구역
- (3) 다음의 구역은 위험구역 “2”으로 취급되어야 한다.
 - (가) 구역 “1”의 개방 또는 반폐위 구역 주위의 1.5 m 이내 구역
 - (나) 에어로크
- 3. 통풍 덕트는 통풍되는 구역과 동일한 위험구역으로 분류되어야 한다.

제 5 절 제어, 감시 및 안전장치

501. 제어, 감시 및 안전장치의 일반 규정 (2023)

1. 연료전지 제어장치의 안전 관련 부분은 다른 제어 및 감시 장치와 독립적으로 설계 되거나, 우리 선급이 적절하다고 인정하는 산업표준에서 설명된 성능수준 또는 이와 동등한 수준에 대한 프로세스를 따라야 한다.
2. 연료전지는 제조업체의 권장사항에 따라 감시되어야 한다. 연료전지의 운전 및 안전에 영향을 미치는 모든 가능한 고장모드 및 영향 분석(FMEA)을 수행하고 결과를 제출하여야 한다. 감시 항목은 아래를 참조하며 FMEA 분석 결과에 따라 감시와 제어의 범위를 최종 결정하여야 한다.
 - (1) 전형적으로 고려되어야 할 감시 항목
 - (가) 셀 전압
 - (나) 셀 전압 편차
 - (다) 배기가스 온도
 - (라) 연료전지 온도
 - (마) 전류 수준
 - (2) 기타 고려되어야 할 감시 항목
 - (가) 공정용 공기 유량
 - (나) 공정용 공기 압력
 - (다) 냉각매체의 유량, 압력, 온도
 - (라) 연료의 유량
 - (마) 연료 온도
 - (바) 연료 압력
 - (사) 배기가스에서의 가스 탐지
 - (아) 공정용 청수 시스템의 액면, 압력, 순도
 - (자) 수명과 노화 정도를 감시하는데 필수적인 파라미터들

502. 가스 또는 증기의 탐지 (2023)

1. 다음 장소에는 가스/증기 탐지기가 영구적으로 설치되어야 한다.
 - (1) 연료전지 구역
 - (2) 에어로크(있는 경우)
 - (3) 1차 연료 또는 개질된 연료가 시스템 매체(예를 들면, 냉각수)로 직접적으로 누출될 수 있는 연료전지 전력시스템의 보조시스템에 속하는 팽창탱크/가스제거 용기
 - (4) 1차 연료/개질된 연료가 축적될 수 있는 기타 폐위구역
2. 탐지장치는 가스/증기를 지속적으로 감시해야 한다. 연료전지 구역의 탐지기 수는 구역의 크기, 배치 및 통풍을 고려하여야 한다. 탐지기는 가스/증기가 축적될 수 있는 위치 및/또는 통풍구에 위치하여야 한다. 최상의 배치를 찾기 위하여 가스 분산 분석 또는 물리적 연기 시험이 이용되어야 한다.
3. 상기 1항에서 요구되는 장소의 탐지기는 이중화를 위하여 서로 가까이 위치한 2개의 독립된 가스탐지기가 요구된다. 가스탐지기가 자기감시형인 경우에는 1개의 가스탐지기 설치를 허용할 수 있다.

503. 통풍 성능 (2023)

통풍장치의 성능을 검증하기 위하여 통풍 유량 및 연료전지 구역의 압력 감시 장치를 설치하여야 한다. 통풍팬 모터로부터의 작동 신호는 성능을 확인하기에 충분하지 않다.

504. 빌지웰 (2023)

연료전지 구역의 빌지웰에는 액면 센서가 설치되어야 한다.

505. 수동 비상정지 (2023)

1. 비상정지의 수동 작동이 적용 가능한 한 다음의 위치에 배치되어야 한다.

- (1) 항해선교
- (2) 선내안전센터
- (3) 기관제어실
- (4) 화재제어실
- (5) 연료전지 구역의 출구 근처

506. 경보장치 및 안전장치의 동작 (2023)**1. 가스 또는 증기의 탐지**

- (1) 가스 또는 증기 농도가 최저폭발한계(LEL)의 20 %를 초과하는 연료전지 구역에서 가스/증기의 탐지는 경보를 발하여야 한다.
- (2) 가스 또는 증기 농도가 최저폭발한계(LEL)의 40 %를 초과하는 연료전지 구역의 가스/증기 탐지는 영향을 받는 연료전지 전력시스템을 정지하고 점화원을 차단해야 하며 누출을 격리하는 데 필요한 모든 밸브를 자동으로 닫아야 한다. 위험구역 "1"에서 작동하도록 인증되지 않은 경우 연료전지시스템은 즉시 전기적으로 차단되고 정지(de-energized)가 되어야 한다. 연료전지 구역에 액체 또는 기체 연료를 공급하는 1차 연료 장치의 밸브는 자동으로 닫혀야 한다.
- (3) 가스/증기 탐지는 연료전지의 냉각수 "공급/헤더" 탱크에 제공되어야 하며 경보를 발하여야 한다.

2. 액체 탐지

연료전지 구역에서 의도하지 않은 액체 누출이 탐지되면 경보를 발하여야 한다. 가능한 탐지 수단으로 빌지 고수위 경보가 있다.

3. 통풍 손실

- (1) 연료전지 구역의 통풍 손실은 제한된 시간 내의 공정 제어에 의하여 연료전지를 자동으로 정지하여야 한다. 공정 제어에 의한 정지 시간은 위험도 평가를 기반으로 사례별로 고려되어야 한다.
- (2) 시간이 종료된 후에는 안전 정지가 실행되어야 한다.

4. 비상정지 푸시 버튼

비상정지 푸시 버튼의 작동은 연료전지 구역으로의 연료 공급을 중단하고 연료전지 구역 내부의 점화원을 정지(de-energized)하여야 한다.

5. 연료전지 냉매의 손실

연료전지 냉매의 손실은 제한된 시간 내의 공정 제어에 의하여 연료전지를 자동으로 정지하여야 한다. 연료전지 구역에서 잠재적인 냉매 누출을 방지하기 위하여 냉매 배관의 2차 격납을 제공하거나 연료전지 구역 내의 장비를 냉매 누출로부터 보호하여야 한다. 냉매의 안전한 제거를 고려해야 한다.

6. 화재 탐지

연료전지 구역 내의 화재 탐지는 자동 정지 및 연료 공급의 차단을 시작하여야 한다.

7. 연료전지 고온 정지

연료전지시스템이 위험구역 "1"에서의 운전에 대한 인증을 받지 않고 연료전지시스템의 표면 온도가 300 °C를 초과하는 경우 위험구역 "1"로 취급되는 연료전지 구역의 연료전지 전력시스템은 즉각 정지하고 영향을 받는 연료전지 구역을 격리하여야 한다.

507. 경보 (2023)

1. 506.의 경보 조항과 표 2.1은 연료전지 전력 설비의 경보를 규정한다.

2. 비전통적이거나 복잡한 연료전지 전력 설비에 대해서는 표 2.1에서 요구하는 경보 외에 추가 경보가 권장될 수 있다.

표 2.1 경보 (2023)

감시 항목 [H=고 L=저 O=이상상태]		경보
20 % LEL의 가스 탐지	연료전지 구역	H
	가열/냉각 시스템의 팽창탱크/가스제거 용기	H
	에어로크	H
	1차 연료/개질된 연료가 축적될 수 있는 기타 폐위구역	H
액체 탐지	506.의 2항에 따른 연료전지 구역	H
통풍	연료전지 구역에서의 통풍 감소	L
기타 경보 상태	에어로크에서 하나 이상의 문열림	O
	에어로크에서 통풍 손실 상태에서의 문열림	O

508. 안전조치 (2023)

- 506.의 안전조치 조항과 표 2.2은 시스템 고장의 결과를 제한하기 위하여 연료전지 전력 설비의 안전조치를 규정한다.
- 비전통적이거나 복잡한 연료전지 전력 설비에 대해서는 표 2.2에서 요구하는 안전조치 외에 추가 안전조치가 권장될 수 있다.

표 2.2 안전조치 (2023)

안전조치 항목 [●=작동]	경보	연료전지 구역 밸브의 차단	접화원의 차단	추가 조치를 위한 기타 제어/안전장치로의 신호
506.의 5항에 따른 연료전지 냉매의 손실	●	●		
연료전지 구역 내의 40 % LEL (205.의 4항에 따른 수소 누출의 탐지)	●	●	●	위험구역 “1”에서의 운전에 대한 인증을 받지 않은 경우 연료전지스택은 즉시 전기적으로 차단되고 정지(de-energized)가 되어야 한다.
연료전지 구역의 통풍 손실 또는 부압의 상실	●	●		연료전지는 공정 제어에 의하여 자동으로 정지되어야 한다.
연료전지 구역 내의 화재 탐지	●	●	●	통풍의 정지, 방화댐퍼의 폐쇄, 소화장치의 작동
비상정지 버튼	●	●	●	
300 °C를 초과하는 연료전지스택 표면 온도	●	●	●	연료전지스택이 위험구역 “1”에 대한 인증을 받지 않은 경우

제 6 절 연료전지 관련 보기

601. 연료 개질 시스템

1. 일반사항

- (1) 연료 개질 시스템은 자동 운전하도록 설계되어야 하고 공정의 평가 및 제어를 위해 요구되는 모든 지시 및 제어설비를 갖추어야 한다.
- (2) 장치 내에서 이루어지는 화학 공정은 감시되어야 한다.
- (3) 제어 과정에 대하여 설정된 제한 값을 초과하는 경우, 장치는 정지되어야 하며 독립적인 보호 장치에 의해 연동되어야 한다.
- (4) 설치 구역 외부의 영구 접근 가능한 장소에서 개질기를 정지할 수 있어야 한다.
- (5) 표면이 고온으로 될 수가 있을 경우, 절연체를 설치하거나 접촉에 대한 보호를 하여야 한다.

2. 연소장치

- (1) 연료 개질 시스템의 연소장치는 자동 운전하도록 설계되어야 한다. 수동운전(비상시 포함)은 허용되지 않는다.
- (2) 연소 장치를 정지한 후에는 연소실과 배기가스장치를 공기 또는 불활성 매체로 정화해야 한다.
- (3) 연소장치에는 형식승인을 받은 버너 제어장치와 화염감시장치가 설치되어야 한다. 화염감시장치의 신뢰성은 해당 연료 종류 및 연소 모드에 대하여 검증되어야 한다.
- (4) 연료 및 버너 유형에 따라 연소장치에 대한 추가적인 요건이 요구될 수 있다.

3. 가스 정제

연료전지의 운전을 위하여 요구되는 가스 순도는 적당한 방법으로 감시되어야 한다. 설정된 제한 값을 초과할 경우, 경보를 발하거나 시스템이 정지되어야 한다. 이 요건을 적용할 수 없는 장치의 경우, 허용할 수 없는 불순물로 인한 추가의 위험성이 발생되지 않는다는 것이 증명되어야 한다.

4. 잔여가스

연료전지로부터 개질기로의 연료(잔여가스)의 재순환은 허용된다. 재순환라인은 자동 차단 밸브에 의해 보호되어야 한다.

제 7 절 제조 및 시험

701. 일반사항

1. 연료전지모듈은 IEC 62282-2-100 “연료전지 기술-연료전지모듈-안전” 또는 우리 선급이 인정하는 표준에 따라 형식승인을 받아야 한다. 연료전지의 다양한 기술 및 형식, 선박환경에서의 운전조건을 고려하여 형식시험 요건을 경감하거나 추가할 수 있다. (2022)
2. 연료전지 전력 설비는 IEC 62282-3-100 “연료전지 기술-정치형 연료전지 발전시스템-안전“ 또는 우리 선급이 인정하는 표준에 따라 형식승인을 받아야 한다. 연료전지의 다양한 기술 및 형식, 선박환경에서의 운전조건을 고려하여 형식시험 요건을 경감하거나 추가할 수 있다. (2022)
3. 개질된 연료를 포함하는 밸브는 수소 또는 누설이 없음을 보여줄 수 있는 적절한 시험가스로 기밀시험을 하여야 한다. 개질된 연료를 포함하는 관장치는 조립 후 수소 또는 누설이 없음을 보여줄 수 있는 적절한 시험가스로 기밀시험을 하여야 한다.
4. 연료전지 연료 시스템 용 신축관은 형식승인을 받아야 한다.

702. 연료전지 전력 설비의 공장시험

1. 형식승인을 받은 각 연료전지 전력 설비는 선박에 설치하기 전에 다음과 같은 시험을 하여야 한다. (IEC 62282-3-100의 6항 참조)
 - (1) 가스 누설 시험
 - (2) 정상 운전 시험
 - (3) 절연강도 시험
 - (4) 버너 운전 시험

703. 연료전지 전력 설비의 선내시험

1. 시험 착수 전에, 시험 상세 계획서를 제출하여 승인 받아야 한다.
2. 선내설치 후 연료전지 전력 설비를 다음과 같이 시험을 하여야 한다. 다만, 해상시운전 시 시험하여야 하는 항목은 해상시운전 프로그램에 포함할 수 있다.
 - (1) 연료전지 전력 설비 구성품의 기능시험
안전차단밸브, 자동차단밸브, 액면지시기, 온도계측장치, 압력계, 가스탐지장치 및 경보장치는 기능시험을 하여야 한다.
 - (2) 연료전지 전력 설비 보호장치의 시험
시운전 중에 다음과 같은 결함 발생 시 연료전지 전력 설비가 자동적으로 안전상태로 전환되는지를 확인하여야 한다.
 - (가) 화재탐지장치 경보
 - (나) 가스탐지장치 경보
 - (다) 전원공급 실패
 - (라) PLC 고장
 - (마) 보호장치의 결함

2장 101.의 1항에 따라 수행된 위험도 평가 요건에 적합한지를 검증하여야 한다.
 - (3) 연료전지 전력 설비의 기능시험
연료전지 전력 설비의 다음 운전 상태를 가능한 한 시험하여야 한다.
 - (가) 연료전지 전력 설비의 자동 기동
 - (나) 연료전지 전력 설비의 운전 정지
 - (다) 부하 변동, 부하 단계
 - (라) 부하 분담
 - (마) 사람 및 장비의 안전을 저해하지 않는 시스템 고장 동안 정지
 - (4) 선박의 기능시험
기능시험의 범위 내에서, 선박 장치와 연료전지 전력 설비의 상호작용을 해당하는 경우 다음과 같이 시험하여야 한다.
 - (가) 연료전지 전력 설비에 의한 동력 발생 단독 시험
 - (나) 기존 선내 전력 생산과 연료전지 전력 설비의 동시 시험
 - (다) 축전지와 연료전지 전력 설비의 동시 시험
 - (라) 비상전원으로의 전환
 - (마) 연료전지 전력 설비 간의 전환 사용
연료전지 전력 설비가 선박의 주추진장치를 구성한다면, 그 선박이 모든 조종 상태에서 적당한 추진력을 갖는지 검증하여야 한다.

704. 압축수소가스 연료격납용 복합재료 압력용기 (2022)

1. 연료전지에 수소 연료를 공급하는 내용적 450L 이하 압축수소가스 연료격납용 복합재료 압력용기(이하 용기라 한다)는 우리 선급의 형식승인을 받아야 한다.
2. 시험 및 검사
 - (1) 용기 재료의 성분, 품질 등은 재료 제조자에 의해 서명된 시험성적서를 통하여 확인한다.
 - (2) 용기 제조자는 제조가 완료된 모든 용기의 구조가 설계 시 정한 것과 일치하는지 여부를 확인한다. 또한 용기의 주요치수 및 무게가 제조자가 정한 설계 허용공차를 만족하는지 확인하고 기록하여야 한다.
 - (3) 용기 제조자는 모든 용기 밸브의 부착부 나사의 치수를 플러그 게이지 등으로 측정하고 기록하여야 한다.
 - (4) 용기 제조자는 제조된 모든 용기에 대하여 다음의 비파괴검사를 실시하고 기록하여야 한다.
 - (가) 금속 라이너의 최대결함 크기가 허용결함을 초과하지 않는다는 것이 (KS B) ISO 9809-1 부록 B 또는 (KS B) ISO 9809-3 부록 B에 따른 초음파 검사나 이와 동등한 비파괴검사로 확인되어야 한다. 검증을 위해 사용되는 비파괴 검사방법은 허용되는 최대 결함 크기를 탐지할 수 있는 능력이 있는 것이어야 한다.
 - (나) 비금속 라이너에 존재하는 결함이 용기제조자가 제시한 허용결함의 한계 값을 초과하는지 여부를 육안검사 또는 비파괴검사를 통하여 확인한다.
 - (5) 용기 제조자는 제조된 형식 3의 금속 라이너 모두에 대하여 열처리 한 후 ISO 6506-1에 따라 경도를 측정하여

설계조건에서 정한 값이 나오는지 여부를 확인하고 기록하여야 한다. 라이너에 대한 경도는 용기의 중앙 및 반구의 끝부분에서 측정한다.

- (6) 형식 4의 모든 용기에 대하여 다음에 따라 기밀시험을 실시한다.
- (가) 용기를 수분이 없도록 건조시킨다.
 - (나) 수소 또는 헬륨과 같은 검지 가능한 가스를 포함하는 질소를 채우고 사용압력까지 최소 3분 동안 압력을 유지한다.
 - (다) 균열 또는 결함을 통한 가스의 누출이 확인되지 않아야 한다.
- (7) 모든 용기에 대하여 다음에 따라 압력시험을 실시한다.
- (가) 사용압력의 1.5배 이상의 압력으로 압력시험을 실시한다. 다만 어떠한 경우에도 오토프레티지 압력을 초과하지 않도록 한다. 형식 3 용기의 경우 오토프레티지와 압력시험 이전에는, 어떠한 경우에도 내부 압력이 압력시험 압력의 90%를 초과하지 않도록 한다.
 - (나) 압력은 용기가 충분히 팽창할 수 있도록 30초 이상 유지한다. 만약 시험장치의 문제로 시험압력이 유지될 수 없다면, 시험은 0.7 MPa 증가된 압력에서 재시험한다. 재시험은 두 번을 초과하여 할 수 없다.
 - (다) 균열 또는 결함을 통한 누출이 없어야 하며 형식 3 용기의 경우 영구팽창률이 5%를 초과하지 않도록 하고, 형식 4 용기의 경우 탄성팽창률이 배치평균 탄성팽창률 값의 10%를 초과하지 않도록 한다. Ⓡ

인 쇄 2023년 5월 30일

발 행 2023년 6월 2일

선박용 연료전지 시스템 지침

발행인 이 형 철

발행처 한 국 선 급

부산광역시 강서구 명지오션시티 9로 36

전화 : 070-8799-7114

FAX : 070-8799-8999

Website : <http://www.krs.co.kr>

신고번호 : 제 2014-000001호 (93. 12. 01)

Copyright© 2023, KR

이 규칙 및 적용지침의 일부 또는 전부를 무단전재 및 재배포
시 법적제재를 받을 수 있습니다.