

## BIJLAGE III

**Voorschriften voor waterstofsyste­men en onderdelen ervan die bestemd zijn voor het gebruik van vloeibare waterstof, en voor de installatie ervan op voertuigen op waterstof**

## 1. INLEIDING

Deze bijlage bevat de voorschriften en testprocedures voor waterstofsyste­men en onderdelen ervan die bestemd zijn voor het gebruik van vloeibare waterstof, en voor de installatie ervan op voertuigen op waterstof.

## 2. ALGEMENE VOORSCHRIFTEN

- 2.1. De in een waterstofsyste­em of onderdeel ervan gebruikte materialen moeten compatibel zijn met waterstof in vloeibare en/of gasvormige toestand overeenkomstig punt 4.11 van deel 3.

## DEEL 1

**Voorschriften voor de installatie van waterstofsyste­men en onderdelen ervan die bestemd zijn voor het gebruik van vloeibare waterstof, op voertuigen op waterstof****1. Algemene voorschriften**

- 1.1. Alle waterstofsyste­men en onderdelen ervan moeten volgens de regels van de techniek in het voertuig worden geïnstalleerd en worden aangesloten.
- 1.2. Het waterstofsyste­men mag geen andere lekken vertonen dan de verdamping bij de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP), d.w.z. het mag bij het gebruik van een lekdetectiespray geen bellen vertonen.
- 1.3. De bedrijfstemperaturen zijn de volgende:

Verbrandingsmotorruimte	Aan boord (Alle soorten aandrijfsyste­men)
– 40 tot + 120 °C	– 40 tot + 85 °C

- 1.4. Er moeten in samenwerking met het tankstation passende automatische maatregelen worden genomen om ervoor te zorgen dat er tijdens het tanken geen waterstof op ongecontroleerde wijze ontsnapt.
- 1.5. Als er waterstof lekt of via de ont­luchting ontsnapt, mag deze zich niet in gesloten of halfgesloten ruimten van het voertuig kunnen ophopen.

**2. Installatie van de waterstof­tank aan boord van het voertuig**

- 2.1. De tank kan in het voertuigontwerp worden geïntegreerd om complementaire functies te vervullen. In dat geval moet de tank zo zijn ontworpen dat hij voldoet aan de voor de geïntegreerde functie en de tank zelf geldende voorschriften in deel 2.
- 2.2. Als het voertuig rijklaar is, mag het laagste deel van de waterstof­tank de bodemvrijheid van het voertuig niet beperken. Dit is niet van toepassing als de tank aan de voorkant en de zijkanten voldoende is beschermd en geen enkel deel van de tank lager is geplaatst dan deze beschermende structuur.
- 2.3. De waterstof­tank(s), inclusief de daarop aangebrachte veiligheidsvoorzieningen, moet(en) zo zijn gemonteerd en bevestigd dat de volgende versnellingen kunnen worden geabsorbeerd zonder dat de bevestiging breekt of de tank(s) loskomt (loskomen) (aangetoond door middel van tests of berekeningen). De gebruikte massa moet representatief zijn voor een volledig uitgeruste en gevulde tank of tankcombinatie.

*Voertuigen van de categorieën M<sub>1</sub> en N<sub>1</sub>:*

- a) 20 g in de rijrichting
- b) 8 g in horizontale richting, loodrecht op de rijrichting

*Voertuigen van de categorieën M<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>:*

- a) 10 g in de rijrichting
- b) 5 g in horizontale richting, loodrecht op de rijrichting

*Voertuigen van de categorieën M<sub>3</sub> en N<sub>3</sub>:*

- a) 6,6 g in de rijrichting
- b) 5 g in horizontale richting, loodrecht op de rijrichting

- 2.4. De bepalingen van punt 2.3 zijn niet van toepassing als het voertuig is goedgekeurd krachtens de Richtlijnen 96/27/EG <sup>(1)</sup> en 96/79/EG <sup>(2)</sup> van het Europees Parlement en de Raad.

<sup>(1)</sup> PB L 169 van 8.7.1996, blz. 1.

<sup>(2)</sup> PB L 18 van 21.1.1997, blz. 7.



- 3.3. *Gasdichte behuizing op de waterstoftank(s)*
- 3.3.1. Alle niet-gelaste verbindingen van waterstofvoerende onderdelen en de onderdelen van een waterstofsysteem die kunnen lekken, die in de passagiers- of bagageruimte of een andere niet-geventileerde ruimte zijn gemonteerd, moeten door een gasdichte behuizing zijn omhuld.
- 3.3.2. De gasdichte behuizing moet naar buiten ontluchten.
- 3.3.3. De ventilatieopening van de gasdichte behuizing moet zich op het hoogste punt van de behuizing bevinden en mag niet uitmonden op een warmtebron zoals de uitlaat. Bovendien moet zij zo uitmonden dat de waterstof het voertuig niet kan binnendringen en/of zich niet in een gesloten of gedeeltelijk gesloten ruimte kan ophopen.
- 3.3.4. Binnen de gasdichte behuizing mogen er zich geen onbeveiligde ontstekingsbronnen bevinden.
- 3.3.5. Alle verbindingssystemen en doorvoeren in de carrosserie van het voertuig voor de ventilatie van de gasdichte behuizing moeten ten minste dezelfde dwarsdoorsnede hebben als de leiding van de overdrukvoorziening.
- 3.3.6. Voor de tests moet deze behuizing hermetisch gesloten zijn en gasdicht bij een druk van 0,5 kPa, d.w.z. zij mag één minuut lang geen bellen vertonen en er mag geen permanente vervorming optreden.
- 3.3.7. Alle verbindingssystemen moeten met klemmen of andere middelen op de gasdichte behuizing en de doorvoer worden bevestigd zodat een gasdichte verbinding wordt gevormd.

#### 4. **Starre en flexibele brandstofleidingen**

- 4.1. Starre brandstofleidingen moeten zo worden bevestigd dat ze niet aan wrijving, kritische trillingen en/of andere spanningen worden blootgesteld.
- 4.2. Flexibele brandstofleidingen moeten zo worden bevestigd dat ze niet aan torsiespanningen worden blootgesteld, wrijving wordt vermeden en ze bij normaal gebruik niet kunnen worden samengedrukt.
- 4.3. Op de bevestigingspunten moeten de flexibele of starre brandstofleidingen zo worden gemonteerd dat zij geen contact kunnen maken tussen metalen delen om galvanische en spleetcorrosie te voorkomen.
- 4.4. Starre en flexibele brandstofleidingen moeten zo lopen dat het risico van onopzettelijke schade zowel binnen het voertuig, bijvoorbeeld door de plaatsing of beweging van bagage of andere lasten, als buiten het voertuig, bijvoorbeeld door een geaccidenteerd terrein, de krik van het voertuig enz., zoveel mogelijk wordt beperkt.
- 4.5. Bij doorgangen door de voertuigcarrosserie of andere onderdelen van het waterstofsysteem moeten de brandstofleidingen van rubberen doorvoerhulzen of ander beschermend materiaal worden voorzien.

#### 5. **Fittings of gasverbindingen tussen de onderdelen**

- 5.1. Roestvrijstalen leidingen mogen alleen met roestvrijstalen fittings met elkaar worden verbonden.
- 5.2. Het aantal verbindingen moet zoveel mogelijk worden beperkt.
- 5.3. Alle verbindingen moeten zich bevinden op plaatsen die voor controle en lektests toegankelijk zijn.
- 5.4. In een passagiersruimte of gesloten bagageruimte mogen de brandstofleidingen niet langer zijn dan redelijkerwijs noodzakelijk is.

#### 6. **Tankverbinding of aansluitpunt**

- 6.1. De tankverbinding of het aansluitpunt moet beveiligd zijn tegen verkeerd gebruik en bedieningsfouten en beschermd zijn tegen vuil en water.
- 6.2. De tankverbinding of het aansluitpunt mag niet in de motorruimte, de passagiersruimte of een andere niet-geventileerde ruimte worden geïnstalleerd.
- 6.3. De tankleiding moet volgens de beschrijving in punt 3.1.1 op de tank worden bevestigd.

- 6.4. De tankverbinding of het aansluitpunt moet een isolerende voorziening hebben overeenkomstig punt 3.1.2.
- 6.5. Zolang de tankverbinding of het aansluitpunt verbonden is met het tankstation, mag het aandrijfsysteem niet kunnen worden bediend en het voertuig niet kunnen worden voortbewogen.

#### 7. **Elektrische installatie**

- 7.1. De elektrische onderdelen van het waterstofsysteem moeten zijn beveiligd tegen overbelasting.
- 7.2. Op plaatsen waar onderdelen van een waterstofsysteem aanwezig zijn of waterstoflekken kunnen optreden, moeten de elektrische verbindingen zo hecht zijn dat er geen waterstof kan binnendringen.

#### 8. **Verdamping onder normale omstandigheden**

- 8.1. Verdampingsgassen moeten door een verdampingsbeheersysteem onschadelijk worden gemaakt.
- 8.2. Het verdampingsbeheersysteem moet zo zijn ontworpen dat het de verdampingsgassen van de tank(s) onder normale bedrijfsomstandigheden accepteert.
- 8.3. Bij het starten en tijdens het gebruik van het voertuig moet een waarschuwingssysteem worden geactiveerd om de bestuurder op een eventueel defect van het verdampingsbeheersysteem te attenderen.

#### 9. **Andere voorschriften**

- 9.1. Alle overdrukvoorzieningen en ontluchtingsleidingen moeten in de mate van het mogelijke tegen vandalisme worden beschermd.
- 9.2. De passagiersruimte, de bagageruimte en alle veiligheidskritische onderdelen van het voertuig (bijvoorbeeld het remsysteem, de elektrische isolatie) moeten tegen ongunstige temperatuur-effecten als gevolg van de cryogene brandstof worden beschermd. Bij de evaluatie van de vereiste bescherming moet rekening worden gehouden met het eventuele lekken van de cryogene brandstof.
- 9.3. De in het voertuig gebruikte ontvlambare materialen moeten worden beschermd tegen de eventuele condensatie van vloeibare lucht op niet-geïsoleerde elementen van het brandstofsysteem.
- 9.4. Een defect in het verwarmingscircuit van de warmtewisselaar mag geen lekkage van het waterstofsysteem veroorzaken.

#### 10. **Instrumentele beveiligingssystemen**

- 10.1. De instrumentele beveiligingssystemen moeten failsafe, redundant of zelfcontroleerend zijn.
- 10.2. Als de instrumentele beveiligingssystemen van punt 10.1 failsafe of zelfcontroleerende elektronische systemen zijn, zijn de bijzondere voorschriften van bijlage VI bij deze verordening van toepassing.

#### 11. **Voorschriften voor de keuring van het waterstofsysteem**

- 11.1. Elk waterstofsysteem moet ten minste om de 48 maanden na de datum van inbedrijfstelling en bij elke herinstallatie worden gekeurd.
- 11.2. De keuring moet worden uitgevoerd door een technische dienst overeenkomstig de specificaties van de fabrikant in deel 3 van bijlage I.

## DEEL 2

**Voorschriften voor waterstoftanks die bestemd zijn voor het gebruik van vloeibare waterstof**

## 1. INLEIDING

Deze bijlage bevat de voorschriften en testprocedures voor waterstoftanks die bestemd zijn voor het gebruik van vloeibare waterstof.

## 2. TECHNISCHE VOORSCHRIFTEN

2.1. De validering van het ontwerp van de tank door berekening moet plaatsvinden overeenkomstig EN 1251-2.

2.2. **Mechanische spanningen**

De onderdelen van de tank moeten bestand zijn tegen de volgende mechanische spanningen:

2.2.1. *Binnentank*2.2.1.1. *Testdruk*

De binnentank moet bestand zijn tegen de testdruk  $P_{\text{test}}$ :

$$P_{\text{test}} = 1,3 (\text{MAWP} + 0,1 \text{ MPa})$$

waarbij MAWP de maximaal toelaatbare werkdruk van de tank in MPa is

2.2.1.2. *Uitwendige druk*

Als de binnentank en de uitrusting ervan onder vacuüm kunnen functioneren, moeten zij bestand zijn tegen een uitwendige druk van 0,1 MPa.

2.2.2. *Buitenmantel*

2.2.2.1. De buitenmantel moet bestand zijn tegen de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP), die de afsteldruk van zijn veiligheidsvoorziening is.

2.2.2.2. De buitenmantel moet bestand zijn tegen een uitwendige druk van 0,1 MPa.

2.2.3. *Buitensteunen*

De buitensteunen van de volle tank moeten bestand zijn tegen de in punt 2.3 van deel 1 bedoelde versnellingen zonder te breken, waarbij de volgens het lineaire-spanningsmodel berekende toelaatbare spanning in de steunelementen niet groter mag zijn dan:

$$\sigma \leq 0,5 R_m$$

2.2.4. *Binnensteunen*

De binnensteunen van de volle tank moeten bestand zijn tegen de in punt 2.3 van deel 1 bedoelde versnellingen zonder te breken, waarbij de volgens het lineaire-spanningsmodel berekende toelaatbare spanning in de steunelementen niet groter mag zijn dan:

$$\sigma \leq 0,5 R_m$$

2.2.5. De voorschriften van de punten 2.2.3 en 2.2.4 zijn niet van toepassing, als kan worden aangetoond dat de tank de in punt 2.3 van deel 1 bedoelde versnellingen kan doorstaan zonder enig lek van de binnentank en van alle verschillende leidingen vóór de automatische veiligheidsvoorzieningen, afsluit- en/of terugslagkleppen.

2.2.6. De dimensionering van de tanksteunen kan met berekeningen of tests worden aangetoond.

### 2.3. **Ontwerptemperatuur**

#### 2.3.1. *Binnentank en buitenmantel*

De ontwerptemperatuur van de binnentank en de buitenmantel bedraagt 20 °C.

#### 2.3.2. *Overige uitrusting*

Voor alle overige, niet in punt 2.3.1 vermelde uitrusting is de ontwerptemperatuur de laagst-, respectievelijk hoogstmogelijke bedrijfstemperatuur, zoals aangegeven in punt 1.3 van deel 1.

#### 2.3.3. De thermische spanningen als gevolg van bedrijfsomstandigheden zoals vullen of leegmaken of tijdens de koelprocedures moeten in aanmerking worden genomen.

### 2.4. **Chemische compatibiliteit**

#### 2.4.1. De materialen van de tank en de tankuitrusting moeten compatibel zijn met:

- a) waterstof, als de delen ervan daarmee in contact komen;
- b) lucht, als de delen ervan daarmee in contact komen;
- c) alle andere media waarmee de delen ervan in contact komen (bijvoorbeeld koelmiddel enz.).

### 3. MATERIALEN

#### 3.1. De materialen moeten zo worden samengesteld, vervaardigd en verder behandeld dat:

- a) de eindproducten de vereiste mechanische eigenschappen bezitten;
- b) de eindproducten die voor onder druk staande onderdelen worden gebruikt en in contact komen met waterstof, bestand zijn tegen de thermische, chemische en mechanische spanningen waaraan zij kunnen worden blootgesteld. Vooral de materialen van de onderdelen die in contact komen met cryogene temperaturen, moeten compatibel zijn met dergelijke temperaturen overeenkomstig EN 1252-1.

#### 3.2. **Eigenschappen**

##### 3.2.1. Materialen die bij lage temperaturen worden gebruikt, moeten voldoen aan de taaiheidsvoorschriften van EN 1252-1. De geschiktheid van niet-metalen voor lage temperaturen moet worden gevalideerd met een experimentele methode, rekening houdend met de bedrijfsomstandigheden.

##### 3.2.2. De voor de buitenmantel gebruikte materialen moeten de integriteit van het isolatiesysteem garanderen en hun breukrek tijdens een trektest moet bij vloeibare-stikstoftemperatuur ten minste 12 % bedragen.

##### 3.2.3. Voor de binnentank is geen corrosietoets vereist. Op andere oppervlakken is evenmin een corrosietoets vereist, als zij goed beschermd worden tegen corrosie.

#### 3.3. **Certificaten en bewijzen van de materiaaleigenschappen**

##### 3.3.1. De lasmaterialen moeten compatibel zijn met het moedermateriaal, zodat lassen worden gevormd waarvan de eigenschappen gelijkwaardig zijn met die welke voor het moedermateriaal zijn opgegeven voor alle temperaturen waaraan het materiaal kan worden blootgesteld.

##### 3.3.2. De fabrikant moet certificaten van de chemische ladinganalyse en de mechanische eigenschappen van het materiaal verkrijgen en verstrekken met betrekking tot de staalsoorten of andere materialen die voor de constructie van de aan druk onderhevige delen zijn gebruikt. Bij metalen moet het certificaat ten minste van type 3.1 zijn overeenkomstig EN 10204 of een gelijkwaardige norm. Bij niet-metalen moet het certificaat van een gelijkwaardig type zijn.

3.3.3. De technische dienst mag analyses en onderzoeken uitvoeren. Deze onderzoeken moeten worden uitgevoerd op monsters van de aan de tankfabrikant geleverde materialen of op voltooide tanks.

3.3.4. De fabrikant moet de technische dienst de resultaten van op lassen uitgevoerde metallurgische en mechanische tests en analyses van moeder- en lasmaterialen ter beschikking stellen.

3.3.5. Bladen van het materiaal moeten ten minste voorzien zijn van:

- een teken van de fabrikant,
- het materiaalidentificatienummer,
- het nummer van de partij,
- een teken van de keurder.

#### 3.4. **Ontwerpberekening**

3.4.1. Voorschriften voor de binnentank

Het ontwerp van de binnentank moet plaatsvinden volgens de ontwerpregels van EN 1251-2.

3.4.2. Voorschriften voor de buitenmantel

Het ontwerp van de buitenmantel moet plaatsvinden volgens de ontwerpregels van EN 1251-2.

3.4.3. De algemene toleranties van ISO 2768-1 zijn van toepassing.

#### 4. FABRICAGE EN MONTAGE VAN DE TANK

4.1. Fabrikanten van gelaste tanks moeten een laskwaliteitssysteem hanteren waarbij rekening wordt gehouden met de kwaliteitsvoorschriften voor lassen overeenkomstig EN 729-2:1994 of EN 729-3:1994.

4.2. Het lasprocedé moet door de technische dienst worden goedgekeurd overeenkomstig EN 288-3:1992/A1:1997, EN 288-4:1992/A1:1997 en EN 288-8:1995.

4.3. Lassers moeten door de technische dienst worden goedgekeurd overeenkomstig EN 287-1:1992/A1:1997 en EN 287-2:1992/A1:1997 en bedieners van automatische lasapparaten overeenkomstig EN 1418:1997.

4.4. Fabricageactiviteiten (bijvoorbeeld forceren en hittebehandeling, lassen) moeten worden uitgevoerd overeenkomstig EN 1251-2.

4.5. Keuringen en tests van de binnenleidingen tussen de binnentank en de buitenmantel: alle gelaste leidingverbindingen moeten aan een 100 % niet-destructieve keuring worden onderworpen, zo mogelijk d.m.v. röntgenstralen of een ultrasonische test, vloeistofpenetratietest, heliumlekttest enz.

4.6. Het aantal verbindingen moet zoveel mogelijk worden beperkt. In de holle ruimte tussen de binnentank en de buitenmantel zijn alleen gelaste of gelijmde verbindingen toegestaan.

4.7. De tankuitrusting moet zo worden gemonteerd dat het systeem en de onderdelen ervan correct en veilig functioneren en gasdicht zijn.

4.8. Vóór de inbedrijfstelling moet de tank worden schoongemaakt en gedroogd overeenkomstig EN 12300.

#### 5. ANDERE VOORSCHRIFTEN

##### 5.1. **Bescherming van de buitenmantel**

De buitenmantel moet worden beschermd met een voorziening die voorkomt dat de buitenmantel scheurt of de binnentank het begeeft.



**5.2. Voorschriften voor de isolatie**

- 5.2.1. Onder normale bedrijfsomstandigheden mag er zich nooit ijs kunnen vormen op de buitenwand van de tank. Ter hoogte van de overdrukleiding is lokale ijsvorming aan de buitenkant van de leiding toegestaan.

**5.3. Niveaumeter**

- 5.3.1. In de bestuurdersruimte moet een meter het vloeistofniveau in de tank met een nauwkeurigheid van +/- 10 % aangeven.
- 5.3.2. Als het systeem een vlotter omvat, moet deze bestand zijn tegen een uitwendige druk die groter is dan de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de binnentank, met een veiligheidscoëfficiënt van minimaal 2 wat de uitvalcriteria door doorbuiging betreft.

**5.4. Maximaal vulniveau**

- 5.4.1. Er moet een systeem zijn om te voorkomen dat de tank teveel wordt gevuld. Dit systeem mag functioneren in combinatie met het tankstation. Het moet voorzien zijn van een permanent opschrift dat het tanktype waarvoor het is bestemd, en eventueel de montagestand en -richting aangeeft.
- 5.4.2. Tijdens of na het vulproces mag er geen overdrukvoorziening in werking treden. Het vulproces mag niet leiden tot bedrijfsomstandigheden waarvoor het verdampingsbeheersysteem niet is ontworpen en die het dus ook niet aankan.

**5.5. Opschriften**

- 5.5.1. Behalve het EG-onderdeeltypogoedkeuringsmerk dat wordt beschreven in deel 3 van bijlage II, moet op elke tank ook een opschrift worden aangebracht met de volgende goed leesbare gegevens:

## 5.5.1.1. op de binnentank:

- a) de naam en het adres van de fabrikant;
- b) het serienummer.

## 5.5.1.2. op de buitenmantel:

- a) een label zoals gespecificeerd in punt 3.1 van bijlage V;
- b) een verbod om nog te lassen, te slijpen en te stampen;
- c) een toegestane oriëntatie van de tank in het voertuig;
- d) een identificatieplaatje met de volgende informatie:
  - i) naam van de fabrikant
  - ii) serienummer
  - iii) watervolume in liters
  - iv) maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) [MPa]
  - v) jaar en maand van fabricage (bijvoorbeeld 2009/01)
  - vi) bedrijfstemperatuurbereik

het identificatieplaatje moet na de installatie leesbaar zijn.

- 5.5.2. Door het aanbrengen van de opschriften mogen er in de structuur van de binnentank of de buitenmantel geen gelokaliseerde spanningspieken worden veroorzaakt.

**5.6. Inspectieopeningen**

In de binnentank of de buitenmantel hoeven er geen inspectieopeningen te zijn.

**6. TESTS EN INSPECTIES****6.1. Tests en inspecties voor de goedkeuring**

Voor de goedkeuring moet de technische dienst op twee monsters van tanks de in de punten 6.3.1 tot en met 6.3.6 beschreven tests en inspecties uitvoeren. De monsters moeten in de voor de inspecties vereiste staat ter beschikking worden gesteld. Voor de goedkeuring moeten monsters van de tank in aanwezigheid van de technische dienst aan de in de punten 6.3.7 tot en met 6.3.9 beschreven tests worden onderworpen.

**6.2. Tests en inspecties tijdens de productie**

Op elke tank moeten de in de punten 6.3.1 tot en met 6.3.6 beschreven tests en inspecties worden uitgevoerd.

**6.3. Testprocedures****6.3.1. Druktest**

6.3.1.1. De binnentank en de leidingen tussen de binnentank en de buitenmantel moeten een inwendigedruktest bij kamertemperatuur met gelijk welk geschikt medium doorstaan met inachtneming van de volgende voorschriften.

De testdruk  $p_{\text{test}}$  bedraagt:

$$p_{\text{test}} = 1,3 (\text{MAWP} + 0,1 \text{ MPa})$$

waarbij MAWP de maximaal toelaatbare werkdruk van de binnentank in MPa is.

6.3.1.2. De testdruk moet worden uitgeoefend voordat de buitenmantel wordt gemonteerd.

6.3.1.3. De druk in de binnentank moet gelijkmatig worden verhoogd totdat de testdruk wordt bereikt.

6.3.1.4. De binnentank moet ten minste 10 minuten onder de testdruk blijven om vast te stellen dat de druk niet vermindert.

6.3.1.5. Na de test mag de binnentank geen tekenen van zichtbare permanente vervorming of zichtbare lekken vertonen.

6.3.1.6. Elke binnentank die vanwege permanente vervorming de test niet doorstaat, moet worden geweigerd en mag niet worden gerepareerd.

6.3.1.7. Elke binnentank die vanwege lekkage de test niet doorstaat, mag na reparatie en een nieuwe test worden geaccepteerd.

6.3.1.8. Na een hydraulische test moet de tank worden leeggemaakt en gedroogd totdat het dauwpunt binnen de tank  $-40\text{ °C}$  bedraagt overeenkomstig EN 12300.

6.3.1.9. Een testrapport moet worden opgesteld en de binnentank moet in geval van acceptatie door de keuringsdiensten worden gemarkeerd.

**6.3.2. Lektest**

Na de eindassemblage moet de waterstoftank een lektest ondergaan met een gasmengsel dat ten minste 10 % helium bevat.

**6.3.3. Verificatie van de afmetingen**

De volgende afmetingen meten worden geverifieerd:

- bij cilindrische tanks de rondheid van de binnentank overeenkomstig EN 1251-2:2000, 5.4;
- afwijking van een rechte lijn van de binnentank en de buitenmantel overeenkomstig EN 1251-2, 5.4.

- 6.3.4. *Destructieve en niet-destructieve tests van lasnaden*
- De tests worden uitgevoerd overeenkomstig EN 1251-2.
- 6.3.5. *Visuele inspectie*
- De lasnaden van de binnen- en buitenoppervlakken van de binnentank en de buitenmantel van de tank moeten aan een visuele inspectie worden onderworpen. De oppervlakken mogen geen kritische schade of gebreken vertonen.
- 6.3.6. *Opschrift*
- Het opschrift moet worden geverifieerd overeenkomstig punt 5.5.
- 6.3.7. *Barsttest*
- De barsttest moet worden uitgevoerd op één monster van de binnentank dat niet in zijn buitenmantel is gehuld en niet is geïsoleerd.
- 6.3.7.1. *Criteria*
- 6.3.7.1.1. De barstdruk moet ten minste gelijk zijn aan de barstdruk die voor de mechanische berekeningen is gebruikt. Bij stalen tanks is dat:
- de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) (in MPa) plus 0,1 MPa, vermenigvuldigd met 3,25;
  - of de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) (in MPa) plus 0,1 MPa, vermenigvuldigd met 1,5 en met  $R_m/R_p$ , waarbij  $R_m$  de minimale grenstreksterkte en  $R_p$  de minimale vloeisterkte is.
- 6.3.7.1.2. Voor waterstoftanks van andere materialen dan staal moet worden aangetoond dat zij even veilig functioneren als tanks die voldoen aan de voorschriften van de punten 6.3.7.1.1 en 6.3.7.1.2.
- 6.3.7.2. *Procedure*
- 6.3.7.2.1. De geteste tank moet representatief zijn voor het ontwerp en de fabricage van het goed te keuren type.
- 6.3.7.2.2. De test moet een hydraulische test zijn.
- 6.3.7.2.3. Als voorbereiding op de test mogen de leidingen worden gewijzigd (doorblazen van het dode volume, inbrengen van de vloeistof, sluiten van niet gebruikte leidingen enz.).
- 6.3.7.2.4. De tank moet met water worden gevuld. De druk moet gelijkmatig met niet meer dan 0,5 MPa/min worden verhoogd tot de tank barst. Wanneer de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) is bereikt, moet er een wachttijd van ten minste 10 minuten zijn bij constante druk, zodat de vervorming van de tank kan worden gecontroleerd.
- 6.3.7.2.5. Er moet een systeem zijn om eventuele vervormingen op te sporen.
- 6.3.7.2.6. Tijdens de hele test moet de druk worden geregistreerd of genoteerd.
- 6.3.7.3. *Resultaten*
- De testomstandigheden en de barstdruk moeten worden vermeld op een testcertificaat dat door de fabrikant en de technische dienst wordt ondertekend.
- 6.3.8. *Brandtest*
- 6.3.8.1. *Criteria*
- 6.3.8.1.1. De tank mag niet barsten en de druk in de binnentank mag het aanvaardbare foutengebied van de binnentank niet overschrijden. Bij stalen binnentanks met een veiligheidsklep als secundaire overdrukvoorziening moet deze klep de druk binnen de tank tot 136 % van de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de binnentank beperken.

Bij stalen binnentanks met een scheurmembraan buiten de vacuümruimte als secundaire overdrukvoorziening moet dit membraan de druk binnen de tank tot 150 % van de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de binnentank beperken.

Bij stalen binnentanks met een scheurmembraan binnen de vacuümruimte als secundaire overdrukvoorziening moet dit membraan de druk binnen de tank tot 150 % van de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de binnentank plus 0,1 MPa (MAWP + 0,1 MPa) beperken.

Voor andere materialen moet een gelijkwaardig veiligheidsniveau worden aangetoond.

Bij minder dan 110 % van de afsteldruk van de primaire overdrukvoorziening mag de secundaire overdrukvoorziening niet in werking treden.

#### 6.3.8.2. Procedure

6.3.8.2.1. De geteste tank moet representatief zijn voor het ontwerp en de fabricage van het goed te keuren type.

6.3.8.2.2. Hij moet volledig zijn voltooid en van alle bijbehorende uitrusting zijn voorzien.

6.3.8.2.3. De tank moet al zijn afgekoeld en de binnentank moet dezelfde temperatuur hebben als de vloeibare waterstof. In de voorafgaande 24 uur moet de tank een volume vloeibare waterstof hebben bevat van ten minste de helft van het watervolume van de binnentank.

6.3.8.2.3.1. De tank moet zo met vloeibare waterstof worden gevuld dat de door het massameetsysteem gemeten hoeveelheid vloeibare waterstof de helft bedraagt van de maximaal toegestane hoeveelheid die de binnentank mag bevatten.

6.3.8.2.3.2. 0,1 m onder de tank moet er een vuur branden. De lengte en breedte van het vuur moeten 0,1 m groter zijn dan de afmetingen van de tank op de tekeningen. De temperatuur van het vuur moet ten minste 590 °C bedragen. Het vuur moet tijdens de hele test blijven branden.

6.3.8.2.3.3. Aan het begin van de test moet de druk van de tank tussen 0 en 0,01 MPa liggen op het kookpunt van de waterstof in de binnentank.

6.3.8.2.3.4. Wanneer de veiligheidsvoorziening opengaat, moet de test voortduren totdat de veiligheidsvoorziening klaar is met afblazen. Tijdens de test mag de tank niet barsten en mag de druk in de binnentank het aanvaardbare foutengebied van de binnentank niet overschrijden. Bij stalen binnentanks mag de druk 136 % van de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de binnentank niet overschrijden. Voor andere materialen moet een gelijkwaardig veiligheidsniveau worden gehanteerd.

#### 6.3.8.3. Resultaten

De testomstandigheden en de tijdens de test bereikte maximumdruk binnen de tank moeten worden vermeld op een testcertificaat dat door de fabrikant en de technische dienst wordt ondertekend.

#### 6.3.9. Test van het maximaal vulniveau

##### 6.3.9.1. Criteria

Tijdens alle voor de goedkeuring vereiste tests mag er gedurende of na het vulproces geen overdrukvoorziening in werking treden. Het vulproces mag niet leiden tot bedrijfsomstandigheden waarvoor het verdampingsbeheersysteem niet is ontworpen en die het dus ook niet aankan.

##### 6.3.9.2. Procedure

6.3.9.2.1. De geteste tank moet representatief zijn voor het ontwerp en de fabricage van het goed te keuren type.

6.3.9.2.2. Hij moet volledig zijn voltooid en van alle bijbehorende uitrusting en met name de niveaumeter zijn voorzien.

6.3.9.2.3. De tank moet al zijn afgekoeld en de binnentank moet dezelfde temperatuur hebben als de vloeibare waterstof. In de voorafgaande 24 uur moet de tank een volume vloeibare waterstof hebben bevat van ten minste de helft van het watervolume van de binnentank.

6.3.9.2.4. De massa waterstof of het massadebiet bij de in- en uitlaat van de tank moeten tot op minder dan 1 % van de maximale vulmassa van de geteste tank nauwkeurig worden gemeten.

6.3.9.2.5. De tank moet tienmaal volledig worden gevuld met vloeibare waterstof die in evenwicht is met zijn damp. Tussen twee vulbeurten moet ten minste een kwart van de vloeibare waterstof uit de tank worden verwijderd.

6.3.9.3. Resultaten

De testomstandigheden en de tien maximumniveaus die door het extra systeem zijn gemeten, moeten worden vermeld op een testcertificaat dat door de fabrikant en de technische dienst wordt ondertekend.

## DEEL 3

**Voorschriften voor andere onderdelen van een waterstofsysteem dan tanks die bestemd zijn voor het gebruik van vloeibare waterstof**

## 1. INLEIDING

Deze bijlage bevat de voorschriften en testprocedures voor andere onderdelen van een waterstofsysteem dan tanks die bestemd zijn voor het gebruik van vloeibare waterstof.

## 2. ALGEMENE VOORSCHRIFTEN

- 2.1. De in onderdelen van een waterstofsysteem gebruikte materialen moeten compatibel zijn met waterstof overeenkomstig punt 4.11.
- 2.2. Vóór de eerste drukregelaar moet het waterstofsysteem, met uitzondering van de waterstoftank, een maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) hebben die gelijk is aan de maximumdruk waaraan het onderdeel is blootgesteld, maar ten minste 1,5 maal de afstedruk van de primaire overdrukvoorziening van de binnentank bedraagt, en een veiligheidscoëfficiënt die niet lager is dan die van de binnentank.
- 2.3. Onderdelen na de drukregelaar(s) moeten tegen overdruk worden beveiligd en ontworpen zijn voor ten minste 1,5 maal de uitlaatdruk (de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP)) van de eerste drukregelaar ervoor.
- 2.4. De isolatie van de onderdelen moet voorkomen dat de lucht in contact met de buitenoppervlakken vloeibaar wordt, tenzij er een systeem is om de vloeibare lucht te verzamelen en te verdampen. In dat geval moeten de materialen van de nabijgelegen onderdelen compatibel zijn met lucht die met zuurstof is verrijkt overeenkomstig EN 1797.

## 3. TECHNISCHE VOORSCHRIFTEN

3.1. **Overdrukvoorzieningen**3.1.1. *Overdrukvoorzieningen voor de binnentank*

- 3.1.1.1. De primaire overdrukvoorziening voor de binnentank moet de druk binnen de tank, zelfs bij plotseling vacuümverlies, tot hoogstens 110 % van de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) beperken. Het moet een veiligheidsklep of een gelijkwaardige voorziening zijn en zij moet onder normale bedrijfsomstandigheden direct met het gasvoerende onderdeel zijn verbonden.
- 3.1.1.2. De secundaire overdrukvoorziening voor de binnentank moet worden geïnstalleerd om ervoor te zorgen dat de druk in de tank het aanvaardbare foutengebied van de binnentank in geen geval kan overschrijden. Bij stalen binnentanks met een veiligheidsklep als secundaire overdrukvoorziening moet deze klep de druk in de tank tot 136 % van de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de binnentank beperken. Bij stalen binnentanks met een scheurmembraan buiten de vacuümruimte als secundaire overdrukvoorziening moet dit membraan de druk in de tank tot 150 % van de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de binnentank beperken. Bij stalen binnentanks met een scheurmembraan binnen de vacuümruimte als secundaire overdrukvoorziening moet dit membraan de druk in de tank tot 150 % van de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de binnentank plus 0,1 MPa (MAWP + 0,1 MPa) beperken. Voor andere materialen moet een gelijkwaardig veiligheidsniveau worden aangetoond. Bij minder dan 110 % van de afstedruk van de primaire overdrukvoorziening mag de secundaire overdrukvoorziening niet in werking treden.
- 3.1.1.3. De dimensionering van de veiligheidsvoorzieningen moet plaatsvinden overeenkomstig EN 13648-3.
- 3.1.1.4. De twee in de punten 3.1.1.1 en 3.1.1.2 bedoelde voorzieningen mogen met dezelfde brandstofleiding met de binnentank worden verbonden.
- 3.1.1.5. De nominale druk van de overdrukvoorzieningen moet duidelijk worden aangegeven. Manipulatie van de voorzieningen moet met loodverzegeling of een gelijkwaardig systeem worden voorkomen.
- 3.1.1.6. Na afvoer van de overdruk moeten de overdrukkleppen sluiten bij een druk van meer dan 90 % van de afstedruk van de klep. Bij elke lagere druk moeten zij gesloten blijven.

- 3.1.1.7. Overdrukkleppen moeten worden geïnstalleerd op het deel van de waterstoftank waar zich gasvormige fracties bevinden.
- 3.1.2. *Overdrukvoorzieningen voor andere onderdelen*
- 3.1.2.1. Telkens als het risico bestaat dat cryogene vloeistof of damp opgesloten raakt tussen twee opeenvolgende uitrustingsstukken, is een overdrukvoorziening vereist of een middel dat hetzelfde veiligheidsniveau garandeert.
- 3.1.2.2. Vóór de eerste drukregelaar mag de afsteldruk van de veiligheidsvoorziening die overdruk voorkomt, de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de leidingen niet overschrijden en niet minder bedragen dan 120 % van de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de tank, om te vermijden dat dergelijke kleppen opengaan in plaats van de overdrukvoorzieningen voor de binnentank.
- 3.1.2.3. De nominale druk van de overdrukvoorzieningen na de drukregelaar(s) mag de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de onderdelen na de drukregelaar niet overschrijden.
- 3.1.2.4. Na afvoer van de overdruk moeten de overdrukkleppen sluiten bij een druk van meer dan 90 % van de afsteldruk van de klep. Bij elke lagere druk moeten zij gesloten blijven.
- 3.1.3. *Voorschriften voor de goedkeuring van overdrukvoorzieningen*
- 3.1.3.1. Het ontwerp, de fabricage en de controle van de overdrukvoorzieningen moeten in overeenstemming zijn met EN 13648-1 en EN 13648-2.
- 3.1.3.2. Bij een verdampingssysteem dat parallel geschakeld is met de primaire veiligheidsvoorziening, moet de veiligheidsklep een veiligheidsvoorziening zijn van categorie B, zo niet van categorie A overeenkomstig EN 13648.
- 3.1.3.3. Maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP):  $1,5 \times$  de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de binnentank of de maximumdruk waaraan het onderdeel wordt blootgesteld.
- 3.1.3.4. *Afsteldruk*
- 3.1.3.4.1. Primaire voorzieningen van de binnentank: overeenkomstig punt 3.1.1.1.
- 3.1.3.4.2. Secundaire voorziening van de binnentank: overeenkomstig punt 3.1.1.2.
- 3.1.3.4.3. Overdrukvoorzieningen voor andere onderdelen dan de tank: overeenkomstig punt 3.1.2.
- 3.1.3.5. *Ontwerptemperaturen*
- 3.1.3.5.1. Buitentemperatuur: overeenkomstig punt 1.3 van deel 1.
- 3.1.3.5.2. Binnentemperatuur:  $-253$  tot  $+85$  °C.
- 3.1.3.6. Toepasbare testprocedures:
- |                       |   |
|-----------------------|---|
| Druktest              | punt 4.2  |
| Uitwendige lekttest   | punt 4.3  |
| Bedrijfstest          | punt 4.5  |
| Corrosiebestendigheid | punt 4.6, alleen voor metalen delen, alleen voor uitrusting buiten de gasdichte behuizing |
| Temperatuurwisseltest | punt 4.9, alleen voor niet-metalen delen  |
- 3.1.4. *Leidingen met overdrukvoorzieningen*
- 3.1.4.1. Tussen het beveiligde onderdeel en de overdrukvoorziening mag geen isolerende voorziening worden geïnstalleerd.
- 3.1.4.2. De leidingen vóór en na de overdrukvoorzieningen mogen de werking ervan niet beletten en moeten compatibel zijn met de in de punten 3.1.1 tot en met 3.1.3 beschreven criteria.

### 3.2. **Kleppen**

#### 3.2.1. *Voorschriften voor de goedkeuring van waterstofkleppen*

3.2.1.1. Het ontwerp, de fabricage en de controle van de cryogene waterstofkleppen moeten in overeenstemming zijn met EN 13648-1 en EN 13648-2.

3.2.1.2. Maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP):  $1,5 \times$  de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de binnentank of de maximumdruk waaraan de klep wordt blootgesteld.

#### 3.2.1.3. Ontwerptemperaturen

3.2.1.3.1. Buitentemperatuur: overeenkomstig punt 1.3 van deel 1.

3.2.1.3.2. Binnentemperatuur:

– 253 tot en met + 85 °C voor kleppen vóór de warmtewisselaar

– 40 tot en met + 85 °C voor kleppen na de warmtewisselaar.

3.2.1.4. Toepasbare testprocedures:

Druktest punt 4.2

Uitwendige lektest punt 4.3

Duurtest punt 4.4

(met 6 000 bedrijfscycli voor handbediende kleppen met 20 000 bedrijfscycli voor automatische kleppen)

Corrosiebestendigheid punt 4.6, alleen voor metalen delen, alleen voor uitrusting buiten de gasdichte behuizing

Hittebestendigheid (droog) punt 4.7, alleen voor niet-metalen delen

Ozonveroudering punt 4.8, alleen voor niet-metalen delen

Temperatuurwisseltest punt 4.9, alleen voor niet-metalen delen

Lektest van de klepzittingen punt 4.12

### 3.3. **Warmtewisselaars**

3.3.1. Ongeacht het bepaalde in punt 2.1 moet de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de warmtewisselaar de hoogste maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de verschillende circuits zijn.

3.3.2. De uitlaatgassen van het aandrijfsysteem mogen in geen geval direct in de warmtewisselaar worden gebruikt.

3.3.3. Er moet een veiligheidssysteem zijn om te voorkomen dat de warmtewisselaar uitvalt en om te voorkomen dat cryogene vloeistof of gas het andere circuit en het systeem daarachter binnendringt, als het daarvoor niet is ontworpen.

#### 3.3.4. *Voorschriften voor de goedkeuring van waterstofkleppen*

3.3.4.1. Maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP):  $1,5 \times$  de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de binnentank of de maximumdruk waaraan het onderdeel wordt blootgesteld.

#### 3.3.4.2. Ontwerptemperaturen

3.3.4.2.1. Buitentemperatuur: overeenkomstig punt 1.3 van deel 1.

3.3.4.2.2. Binnentemperatuur: – 253 tot + 85 °C.



### 3.3.4.3. Toepasbare testprocedures

Druktest	punt 4.2
Uitwendige lektest	punt 4.3
Corrosiebestendigheid	punt 4.6, alleen voor metalen delen
Hittebestendigheid (droog)	punt 4.7, alleen voor niet-metalen delen
Ozonveroudering	punt 4.8, alleen voor niet-metalen delen
Temperatuurwisseltest	punt 4.9, alleen voor niet-metalen delen

3.3.4.4. De fabricage en montage van de warmtewisselaar moeten worden gecertificeerd overeenkomstig de punten 4.3 tot en met 4.5 van deel 2.

## 3.4. Tankverbindingen of aansluitpunten

3.4.1. De tankverbindingen of aansluitpunten moeten worden beschermd tegen verontreiniging.

3.4.2. *Voorschriften voor de goedkeuring van tankverbindingen en aansluitpunten*

3.4.2.1. Maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP):  $1,5 \times$  de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de binnentank of de maximumdruk waaraan het onderdeel wordt blootgesteld.

3.4.2.2. Ontwerptemperaturen

3.4.2.2.1. Buitentemperatuur: overeenkomstig punt 1.3 van deel 1.

3.4.2.2.2. Binnentemperatuur:  $-253$  tot  $+85$  °C

3.4.2.3. Toepasbare testprocedures

Druktest	punt 4.2
Uitwendige lektest	punt 4.3
Duurtest	punt 4.4 (met 3 000 bedrijfscycli)
Corrosiebestendigheid	punt 4.6, alleen voor metalen delen
Hittebestendigheid (droog)	punt 4.7, alleen voor niet-metalen delen
Ozonveroudering	punt 4.8, alleen voor niet-metalen delen
Temperatuurwisseltest	punt 4.9, alleen voor niet-metalen delen
Lektest van de klepzittingen	punt 4.12

## 3.5. Drukregelaars

3.5.1. *Voorschriften voor de goedkeuring van drukregelaars*

3.5.1.1. Maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP):  $1,5 \times$  de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de binnentank of de maximumdruk waaraan het onderdeel wordt blootgesteld.

3.5.1.2. Ontwerptemperaturen

3.5.1.2.1. Buitentemperatuur: overeenkomstig punt 1.3 van deel 1.

3.5.1.2.2. Binnentemperatuur: ten minste zoals aangegeven in punt 1.3 van deel 1.

## 3.5.1.3. Toepasbare testprocedures

Druktest	punt 4.2
Uitwendige lektest	punt 4.3
Duurtest	punt 4.4 (met 20 000 bedrijfscycli)
Corrosiebestendigheid	punt 4.6, alleen voor metalen delen, alleen voor uitrusting buiten de gasdichte behuizing
Hittebestendigheid (droog)	punt 4.7, alleen voor niet-metalen delen
Ozonveroudering	punt 4.8, alleen voor niet-metalen delen
Temperatuurwisseltest	punt 4.9, alleen voor niet-metalen delen
Lektest van de klepzittingen	punt 4.12

3.6. **Sensoren**3.6.1. *Voorschriften voor de goedkeuring van sensoren*

3.6.1.1. Maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP):  $1,5 \times$  de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de binnentank of de maximumdruk waaraan het onderdeel wordt blootgesteld.

3.6.1.2. **Ontwerptemperaturen**

3.6.1.2.1. Inbedrijfstelling bij omgevingstemperatuur: overeenkomstig punt 1.3 van deel 1.

3.6.1.2.2. Inbedrijfstelling bij cryogene temperatuur: laagste bedrijfstemperatuur:  $-253^{\circ}\text{C}$ , maximumtemperatuur:  $+85$  of  $+120^{\circ}\text{C}$ , zoals aangegeven in punt 1.3 van deel 1.

## 3.6.1.3. Toepasbare testprocedures

Druktest	punt 4.2, alleen voor uitrusting in direct contact met waterstof
Uitwendige lektest	punt 4.3, alleen voor uitrusting in direct contact met waterstof
Corrosiebestendigheid	punt 4.6, alleen voor metalen delen, alleen voor uitrusting buiten de gasdichte behuizing
Hittebestendigheid (droog)	punt 4.7
Ozonveroudering	punt 4.8, alleen voor niet-metalen delen
Temperatuurwisseltest	punt 4.9, alleen voor niet-metalen delen

3.7. **Flexibele brandstofleidingen**3.7.1. *Voorschriften voor de goedkeuring van flexibele brandstofleidingen*

3.7.1.1. Het ontwerp, de fabricage en de controle van de cryogene flexibele brandstofleidingen moeten in overeenstemming zijn met EN 12434.

3.7.1.2. Maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP):  $1,5 \times$  de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de binnentank of de maximumdruk waaraan het onderdeel wordt blootgesteld.

3.7.1.3. **Ontwerptemperaturen**

3.7.1.3.1. Inbedrijfstelling bij omgevingstemperatuur: overeenkomstig punt 1.3 van deel 1.

3.7.1.3.2. Inbedrijfstelling bij cryogene temperatuur: laagste bedrijfstemperatuur:  $-253^{\circ}\text{C}$ , maximumtemperatuur:  $+85$  of  $+120^{\circ}\text{C}$ , zoals aangegeven in punt 1.3 van deel 1.

#### 3.7.1.4. Toepasbare testprocedures

Druktest	punt 4.2
Uitwendige lektest	punt 4.3
Corrosiebestendigheid	punt 4.6, alleen voor metalen delen, alleen voor uitrusting buiten de gasdichte behuizing
Hittebestendigheid (droog)	punt 4.7, alleen voor niet-metalen delen
Ozonveroudering	punt 4.8, alleen voor niet-metalen delen
Temperatuurwisseltest	punt 4.9, alleen voor niet-metalen delen
Drukwisselingen	punt 4.10

#### 3.8. Voorschriften voor elektrische onderdelen van het waterstofsysteem

##### 3.8.1. Om elektrische vonken te voorkomen:

- a) elektrisch bediende voorzieningen die waterstof bevatten, moeten zo zijn geïsoleerd dat er geen stroom gaat door delen die waterstof bevatten;
- b) het elektrische systeem van de elektrisch bediende voorziening moet van de carrosserie van het voertuig zijn geïsoleerd;
- c) de isolatieweerstand van het elektrische circuit (accu's en brandstofcellen uitgesloten) moet voor elke volt van de nominale spanning meer dan 1 kΩ bedragen.

3.8.2. Om in geval van een doorvoerisolator voor de voeding een goed geïsoleerde en hechte elektrische verbinding te maken, moet deze verbinding van een hermetisch gesloten type zijn.

#### 4. TESTPROCEDURES

##### 4.1. Algemene bepalingen

- 4.1.1. Lektests moeten worden uitgevoerd met gas onder druk, zoals lucht of stikstof die ten minste 10 % helium bevat.
- 4.1.2. Om de voor de druktest vereiste druk te verkrijgen, mag water of een andere vloeistof worden gebruikt.
- 4.1.3. In alle testverslagen moet het gebruikte type testmedium worden aangegeven.
- 4.1.4. De lek- en druktests moeten ten minste 3 minuten langer duren dan de reactietijd van de sensor.
- 4.1.5. Alle tests moeten worden verricht bij omgevingstemperatuur, tenzij anders aangegeven.
- 4.1.6. Vóór de lektest moeten de verschillende onderdelen goed zijn gedroogd.

##### 4.2. Testdruk

- 4.2.1. Een onderdeel dat waterstof bevat moet, met de uitlaatopeningen van het hogedrukgedeelte gesloten, zonder zichtbare tekenen van lekkage of vervorming bestand zijn tegen een testdruk van 1,5 maal zijn maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP). De druk moet dan tot 1,5 tot 3 maal de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) worden verhoogd. Het onderdeel mag geen zichtbare tekenen van breuk of barsten vertonen.
- 4.2.2. Het drukvoorzieningssysteem moet met een positieve afsluitklep en een drukmeter met een bereik van niet minder dan 1,5 maal en niet meer dan 2 maal de testdruk worden uitgerust en de nauwkeurigheid van de meter moet 1 % van het drukbereik bedragen.
- 4.2.3. Voor onderdelen die een lektest vereisen, moet deze test vóór de druktest worden uitgevoerd.

**4.3. Uitwendige lektest**

- 4.3.1. Een onderdeel mag niet via de afdichting van de as of het huis of via andere verbindingen gaan lekken en mag geen tekenen van porositeit van het gietsel vertonen, wanneer het op de in punt 4.4.3 beschreven wijze wordt getest bij een gasdruk tussen 0 en de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP).
- 4.3.2. De test moet op dezelfde uitrusting worden uitgevoerd onder de volgende omstandigheden:
- 4.3.2.1. bij omgevingstemperatuur;
- 4.3.2.2. bij de minimumbedrijfstemperatuur of bij vloeibarestikstoftemperatuur na voldoende conditioneringstijd om de thermische stabiliteit te garanderen;
- 4.3.2.3. bij de maximumbedrijfstemperatuur na voldoende conditioneringstijd om de thermische stabiliteit te garanderen.
- 4.3.3. Tijdens deze test moet de geteste uitrusting op een bron van gasdruk worden aangesloten. In de drukleiding moeten een positieve afsluitklep en een drukketer met een bereik van niet minder dan 1,5 maal en niet meer dan 2 maal de testdruk worden geïnstalleerd en de nauwkeurigheid van de meter moet 1 % van het drukbereik bedragen. De drukketer moet tussen de positieve afsluitklep en het te testen monster worden geïnstalleerd.
- 4.3.4. Tijdens de hele test moet het monster op lekkage worden getest met een tensioactieve stof zonder vorming van belLEN of moet de lekkage worden gemeten met een snelheid van minder dan 10 cm<sup>3</sup>/h.

**4.4. Duurtest**

- 4.4.1. Een onderdeel van een waterstofsysteem moet aan de desbetreffende lektestvoorschriften van de punten 4.3 en 4.12 kunnen voldoen nadat het is onderworpen aan het aantal bedrijfscycli dat voor dat onderdeel in de punten 3.1 tot en met 3.7 van deel 3 is aangegeven.
- 4.4.2. De desbetreffende uitwendige lektest en de lektest van de klepzittingen, zoals beschreven in de punten 4.3 en 4.12, moeten meteen na de duurtest worden uitgevoerd.
- 4.4.3. Het onderdeel moet stevig op een bron van droge perslucht of samengeperste stikstof worden aangesloten en worden onderworpen aan het aantal cycli dat voor dat specifieke onderdeel in de punten 3.1 tot en met 3.7 van deel 3 is aangegeven. Elke cyclus bestaat uit het eenmaal openen en eenmaal sluiten van het onderdeel binnen een periode van niet minder dan 10 ± 2 seconden.
- 4.4.4. Het onderdeel moet gedurende 96 % van het aangegeven aantal cycli bij omgevingstemperatuur en bij zijn maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) in werking worden gesteld. Tijdens de drukloze periode moet de stroomafwaartse druk van de testopstelling tot 50 % van de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van het onderdeel kunnen dalen.
- 4.4.5. Het onderdeel moet gedurende 2 % van het totale aantal cycli bij de maximumtemperatuur van het materiaal (overeenkomstig punt 1.3 van deel 1), na voldoende conditioneringstijd bij deze temperatuur om de thermische stabiliteit te garanderen, en bij zijn maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) in werking worden gesteld. Na afloop van de hogetemperatuurcycli moet het onderdeel bij de desbetreffende maximumtemperatuur van het materiaal (overeenkomstig punt 1.3 van deel 1) voldoen aan de punten 4.3 en 4.12.
- 4.4.6. Het onderdeel moet gedurende 2 % van het totale aantal cycli bij de minimumtemperatuur van het materiaal (overeenkomstig punt 1.3 van deel 1) die niet minder mag bedragen dan de temperatuur van vloeibare stikstof na voldoende conditioneringstijd bij deze temperatuur om de thermische stabiliteit te garanderen, en bij zijn maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) in werking worden gesteld. Na afloop van de lagetemperatuurcycli moet het onderdeel bij de desbetreffende minimumtemperatuur van het materiaal (overeenkomstig punt 1.3 van deel 1) voldoen aan de punten 4.3 en 4.12.

**4.5. Operationele test**

- 4.5.1. De operationele test moet overeenkomstig EN 13648-1 of EN 13648-2 worden uitgevoerd. De specifieke voorschriften van de norm zijn van toepassing.

**4.6. Corrosiebestendigheidstest**

- 4.6.1. Metalen onderdelen van een waterstofsysteem moeten de in de punten 4.3 en 4.12 bedoelde lektests doorstaan nadat zij, met alle openingen gesloten, gedurende 144 uur de pekeltest overeenkomstig ISO 9227 hebben ondergaan.

4.6.2. Een koperen of messing onderdeel dat waterstof bevat, moet de in de punten 4.3 en 4.12 bedoelde lekttests doorstaan nadat het, met alle openingen gesloten, gedurende 24 uur in ammoniak is ondergedompeld overeenkomstig ISO 6957.

4.7. **Hittebestendigheidstest (droog)**

De test moet overeenkomstig ISO 188 worden uitgevoerd. Het te testen monster moet gedurende 168 uur aan de lucht worden blootgesteld bij een temperatuur die gelijk is aan de maximale bedrijfstemperatuur. De treksterkteverandering mag niet meer dan  $\pm 25$  % bedragen. De breukrekverandering mag de volgende waarden niet overschrijden:

- maximumtoename: 10 %,
- maximumdaling: 30 %.

4.8. **Ozonverouderingstest**

4.8.1. De test moet in overeenstemming zijn met ISO 1431-1. Het te testen monster, dat 20 % moet worden uitgerekt, moet gedurende 120 uur aan lucht van 40 °C met een ozonconcentratie van 0,5 ppm worden blootgesteld.

4.8.2. Het geteste monster mag niet barsten.

4.9. **Temperatuurwisseltest**

Een niet-metalen onderdeel dat waterstof bevat, moet de in de punten 4.3 en 4.12 bedoelde lekttests doorstaan nadat het, bij de maximaal toegestane werkdruk (MAWP), gedurende 96 uur is blootgesteld aan temperatuurwisselingen van de minimum- tot de maximumbedrijfstemperatuur met een cyclusduur van 120 minuten.

4.10. **Drukwisseltest**

4.10.1. Elke flexibele brandstofleiding moet aan de desbetreffende lekttestvoorschriften van punt 4.3 voldoen nadat zij aan 6 000 druwisselingen werd blootgesteld.

4.10.2. De druk moet in minder dan vijf seconden van de luchtdruk naar de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) van de tank stijgen en na ten minste vijf seconden moet hij weer binnen minder dan vijf seconden dalen tot de luchtdruk.

4.10.3. De in punt 4.3 bedoelde desbetreffende uitwendige lekttest moet meteen na de duurttest worden uitgevoerd.

4.11. **Waterstofcompatibiliteitstest**

4.11.1. De waterstofcompatibiliteit moet worden gecontroleerd overeenkomstig ISO 11114-4.

4.11.2. De materialen van de onderdelen die in contact komen met cryogene temperaturen, moeten compatibel zijn met dergelijke temperaturen overeenkomstig EN 1252-1.

4.12. **Lekttest van de klepzittingen**

4.12.1. De lekttest van de klepzittingen moet worden uitgevoerd op monsters die eerder aan de in punt 4.3 bedoelde uitwendige lekttest zijn onderworpen.

4.12.2. De lekttests van de klepzittingen moeten worden uitgevoerd met de inlaat van de monsterklep aangesloten op een bron van gasdruk, de klep gesloten en de uitlaat open. In de drukleiding moeten een positieve afsluitklep en een drukmeter met een bereik van niet minder dan 1,5 maal en de meter moet 1 % van het drukbereik bedragen. De drukmeter niet meer dan 2 maal de testdruk worden geïnstalleerd en de nauwkeurigheid van moet tussen de positieve afsluitklep en het te testen monster worden geïnstalleerd. Terwijl de testdruk wordt uitgeoefend die overeenkomt met de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP), moeten lekken worden opgespoord met de open uitlaat onder water gedompeld of met een debietmeter geïnstalleerd aan de inlaatzijde van de geteste klep. De debietmeter moet voor de gebruikte testvloeistof de maximaal toegestane leksnelheden met een nauwkeurigheid van  $\pm 1$  % kunnen aangeven.

- 4.12.3. De zitting van een gesloten afsluitklep mag bij een gasdruk tussen nul en de maximaal toelaatbare werkdruk (MAWP) niet meer dan  $10 \text{ cm}^3/\text{h}$  lekken.
- 4.12.4. Een gesloten terugslagklep mag niet lekken wanneer zij wordt onderworpen aan een aerostatische druk tussen 50 kPa en de maximaal toegestane werkdruk (MAWP).
- 4.12.5. Terugslagkleppen die als veiligheidsvoorziening worden gebruikt, tankverbindingen en aansluitpunten mogen tijdens de test niet meer dan  $10 \text{ cm}^3/\text{h}$  lekken.
- 4.12.6. De overdrukvoorzieningen mogen bij een gasdruk tussen nul en de afsteldruk min 10 % niet meer dan  $10 \text{ cm}^3/\text{h}$  lekken.
-