

Staal voor hogedruk gastransportleidingen is geschikt voor transport van 100% waterstof

Ernst van der Stok en Sjoerd Jansma, juni 2019. In het kader van de Energietransitie volgt Kiwa Technology ontwikkelingen met betrekking tot het transport en distributie van duurzame gassen door het huidige Nederlands aardgasnet. Zo worden ook ontwikkelingen omtrent het gebruik van waterstof op stalen transportleidingen gevolgd. Een drietal recente publicaties leidt tot dezelfde conclusie, namelijk dat er geen significante degradatie te verwachten is van stalen leidingen door het transport van waterstof.

Faalmechanismen

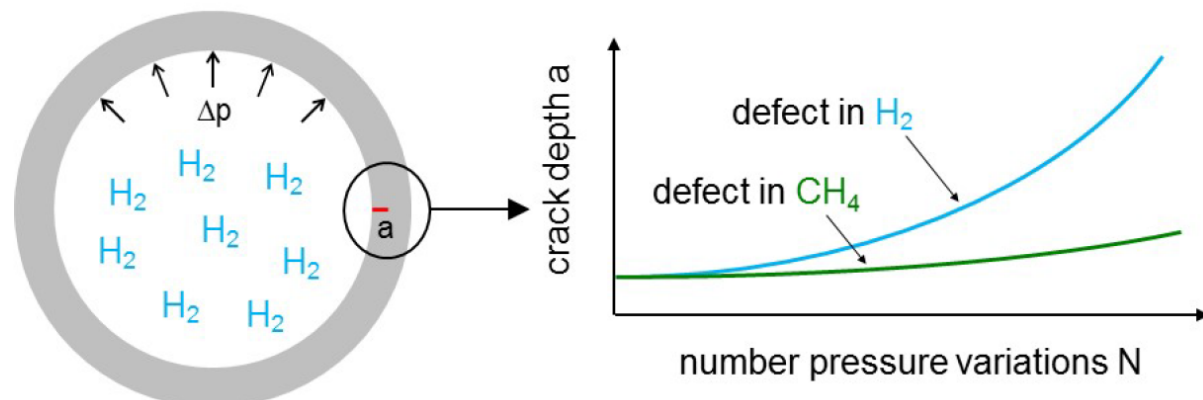
Het is bekend dat onder specifieke omstandigheden stalen leidingen of onderdelen versneld kunnen falen door invloed van waterstofgas. Hierbij zijn een aantal verschillende faalmechanismen bekend waarbij waterstof het staal aantast. In een 'position paper' van de Nederlandse Gasunie voor CEN/TC 234/WG 3 [1] wordt de invloed van relevante faalmechanismen op de hogedruk gastransportnetten besproken. Rond dezelfde periode zijn twee artikelen in het Duitstalige vakblad 'GWF Gas + Energie' uitgebracht die ook de invloed van waterstofgas onder hoge druk op de materiaaleigenschappen van staal beschrijven [2] [3]. Ondanks dat de gasdruk (>66 bar) in de artikelen verschilt met de gasdruk in de regionale gasdistributienetten (werkdruk tot 16 bar), zijn de artikelen bruikbaar voor inzicht in de waterstofbestendigheid van staal. Ze worden hieronder dan ook verder toegelicht.

Waterstof toepasbaar in hogedruk gastransportleidingen

De invloed van waterstof op staal is van verschillende factoren afhankelijk waarbij verschillende degradatiemechanismen een rol spelen. Uit de paper van Gasunie [1] volgt dat een aantal van deze mechanismen bij voorbaat niet van invloed zijn op de hogedruk gasdistributienetten. Zo is voor 'waterstof geïnduceerde scheurvorming' (HIC) de waterstofdruk van het distributienet te laag (zelfs bij een gasdruk van 81 bar). Daarnaast is ook de 'hoge temperatuur waterstof aantasting' (HTHA) niet relevant, gezien de temperatuur van het gas in de leidingen niet boven de 150 °C uit komt.

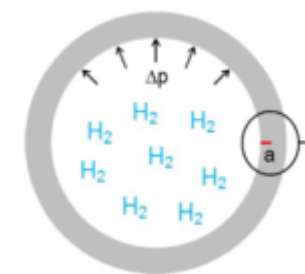
Wel wordt door Gasunie een faalmechanisme verder uitgewerkt omdat deze mogelijk van invloed is op het transportnet. Dit betreft 'scheurgroei door vermoeiing'. Bij vermoeiing wordt het staal met een lang aanhoudende dynamische of wisselende belasting belast. Denk hierbij aan verkeersbelasting of een fluctuerende gasdruk. Door de wisselende belasting kunnen kleine scheurtjes in het materiaal verder groeien. De snelheid waarmee deze scheurtjes doorgroeien is onder andere afhankelijk van de frequentie van de belasting en het verschil in kracht van de belasting. Daarnaast heeft ook waterstof invloed op scheurgroeisnelheid, zo volgt uit de literatuurstudie onder andere dat de scheurgroeisnelheid van staal in waterstof hoger is dan in methaan, zie figuur 1.

Als voorbeeld heeft Gasunie verschillende scenario's uitgewerkt met behulp van BS 7910 (een veelgebruikt rekenmodel voor het berekenen van onder andere de scheurgroeisnelheid door vermoeiing). De resultaten van deze berekening zijn gecorreleerd aan verschillende onderzoeksresultaten. De scenario's zijn uitgewerkt voor 3 mm diepe scheuren met een lengte van 50 mm in een L415 stalen buis. Zowel het scenario met de scheur in de lengterichting als de omtreksrichting is uitgewerkt. Daarnaast zijn wisselende belasting veroorzaakt door een schommeling in de druk van 10%, 15% en 20% van een 66,2 bar systeem doorberekend. In alle gevallen wordt de kritische scheurgroeisnelheid zoals die gerapporteerd wordt in de literatuur niet bereikt. Daarom verandert het transport van waterstof de verwachte levensduur van de stalen leiding in dit voorbeeld niet. Aan het eind van het artikel [1] neemt Gasunie het standpunt in dat bij normale druk en temperatuur, 100% waterstof door de bestaande Europese gasbuizen getransporteerd kan worden zonder dat de integriteit wordt aangetast. Aangezien de Nederlandse gasdistributieleidingen op dezelfde temperatuur maar op een nog veel lagere druk worden toegepast, is dit standpunt ook makkelijk verdedigbaar voor de stalen leidingen in de gasdistributie.



Figuur 1. De figuur links illustreert de samenhang tussen de gasdruk, het type gas en de stalen buis op de groei van een scheur (a) in de buiswand. Rechts staat in een schematisch grafiek de scheurgroeisnelheid door staal (verticale as) ten opzichte van het aantal drukschommelingen (horizontale as) in een waterstof- en een methaanomgeving weergegeven. [1]

Waterstof heeft geen essentiële invloed op de taaiheid van staal



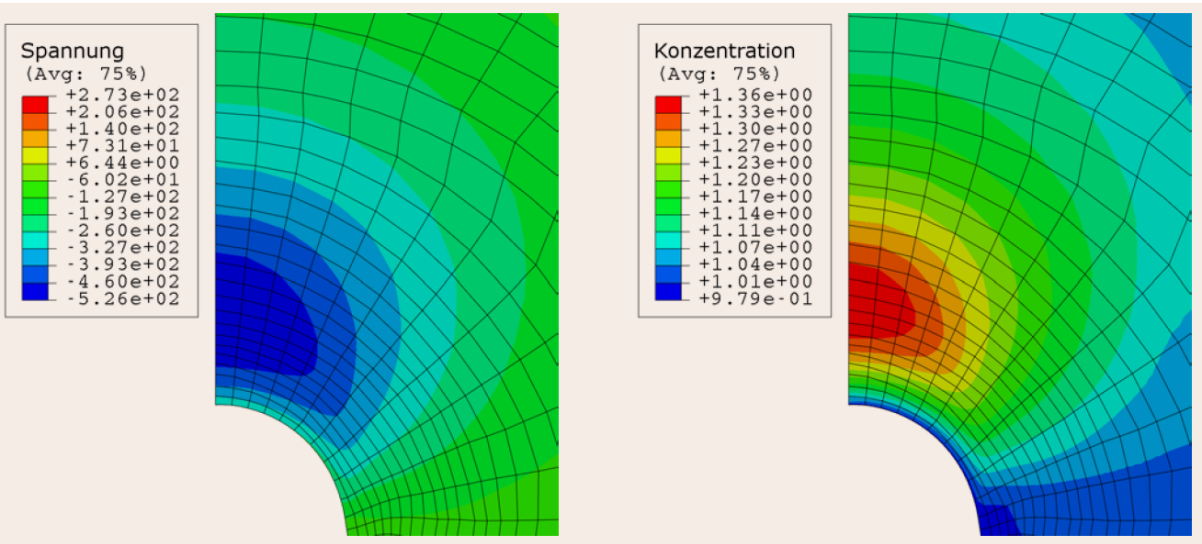
Het artikel [2] uit 'GWF Gas + Energie' beschrijft het onderzoek naar de invloed van waterstof op staal en de lasverbindingen van stalen leidingen. Voor het onderzoek zijn verschillende stalen proefstukken met en zonder lasnaad beproefd met een zeer langzame trekproef, zie figuur 2. De trekproef is uitgevoerd in een 100% en 25% waterstofomgeving bij een gasdruk van 80 bar. De resultaten zijn vergeleken met referentiemetingen in een 100% stikstofomgeving. Gedurende de proeven zijn proefstukken van L485, L245 en X70 staal onderzocht. Uit de onderzoeksresultaten volgt dat bij zowel de gelaste als niet-gelaste proefstukken de taaiheidsskenmerken van de proefstukken (insnoering bij de breuk en verlenging van het proefstuk) in de waterstofomgeving meer dan 80% van de referentiewaarde bedraagt. Daarnaast wordt geen invloed van waterstof op de kerfwerking waargenomen. Daarop stellen de onderzoekers dat voor gastransportleidingen geen essentiële invloed van waterstof op de mechanische eigenschappen van het staal is aangetoond. Wel plaatsen de onderzoekers de kanttekening dat voor dit onderzoek enkel nieuw geproduceerde staalsoorten zijn onderzocht.



Figuur 2. Twee voor het onderzoek [2] gebruikte stalen proefstukken toegepast in de langzame trekproef in een 80 bar waterstofomgeving. Het bovenste proefstuk is zonder las en het onderste proefstuk is met las.

Model voor de invloed van waterstof in staal

Het tweede artikel [3] uit het vakblad 'GWF Gas + Energie' geeft meer een overzicht van de effecten van waterstofverbrossing op de eigenschappen van staal. Daarbij worden verschillende testmethoden die voor onderzoek worden gebruikt beschreven. Zo beschrijven de onderzoekers een computermodel waarmee de diffusie van waterstof door staal wordt gesimuleerd. De verdeling van geabsorbeerd waterstof in het stalen proefstuk is namelijk afhankelijk van verdeling van de mechanische spanning over het proefstuk. Daarnaast beïnvloedt de geabsorbeerde waterstof de mechanische eigenschappen van het staal. Inzicht in de locatie waar waterstof zich in het staal verzameld geeft dus inzicht in de producteigenschappen, zie figuur 3. Als laboratoriumtesten wordt onder andere de zeer langzame trekproeven in een waterstofomgeving beschreven. De onderzoekers geven data van trekproeven die zijn uitgevoerd op StE360 staal in een omgeving met 70 bar waterstof. De resultaten uit het onderzoek zijn vergelijkbaar met de onderzoeksresultaten gerapporteerd in [2], namelijk dat waterstof slechts in beperkte mate de taaiheid van het staal (de uiteindelijke verlenging van het proefstuk) beïnvloedt. Ook vermoeiingsbeproevingen worden besproken. Het artikel eindigt met het mogelijke effect van waterstof bij lasnaden, waarbij wordt benadrukt dat spanningen door het lassen voorkomen moet worden, bijvoorbeeld door het na te verwarmen zodat waterstof het staal weer kan verlaten. De onderzoekers willen deze kennis gebruiken om grotere en complexere stalen onderdelen uit het gasnet door te rekenen om zo voorspellingen te kunnen maken.



Figuur 3. Uitkomst van het model waarbij links de verdeling van de spanning over een proefstuk is weergegeven en rechts de verdeling van de waterstof in het stalen proefstuk is weergegeven [3].

Conclusie

In de beschreven artikelen [1], [2] en [3] wordt geen essentiële invloed van waterstof op de materiaaleigenschappen van staal aangetoond.

Bronnen:

1. Krom, „Position Paper; TC 234 WG 3 position paper hydrogen gas in pipelines,” *N.V. Nederlandse Gasunie*, 2018
2. H. Brauer, M. Simm, E. Wanzenberg en M. Henel, „Stahlrohre für den Transport von gasförmigem Wasserstoff,” *GWF Gas + Energie*, 2019.
3. K. Wackermann, F. Schweizer en W. Pfeiffer, „Wasserstoffversprödung metallischer Werkstoffe: Adsorption, Diffusion und Werkstoffeigenschaften,” *GWF Gas + Energie*, 2019

4. R. Hermkens, E. Polman, T. Muselaars, S. Jansma, M. v. d. Laan, H. d. Laat, B. Pilzer en K. Pulles,
„Toekomstbestendige gasdistributienetten,” *Netbeheer Nederland, Kiwa Technology*, 2018.

