

Voertuigen in de stad straks met waterstofgastank of poederkrachtbron

‘H₂-poeder’ als doorbraak in energietransitie

Zelfs de milieuvriendelijkste verbrandingsmotoren veroorzaken emissies, al was het alleen maar het broeikasgas kooldioxide (CO₂). Een nieuwe vinding, waterstofpoeder, kan deze waterstofeconomie een nieuwe impuls geven. H₂Fuel is de eerste circulaire brandstof waarbij poeder en water samen waterstof produceren dat kan worden ingezet in een brandstofcel.

Auteur: Broer de Boer

Hoe ging, hoe gaat de productie van waterstofgas ook al weer traditioneel? Van de middelbare school herinneren we ons zeker nog de elektrolyse van H₂O, waarbij waterstofgas en zuurstof (knalgas) vrijkwam. Er bestaat overigens nog een tweede methode en dat gaat via de methode van stoomreforming. De laatste heeft als nadeel dat bij het productieproces ook CO₂ vrijkomt.

De elektrolyse van water veroorzaakt het proces zelf in het geheel géén CO₂-uitstoot. Echter, bij het – fossiel – opwekken van de hiervoor benodigde elektriciteit gebeurt dit wél. Daarom is het veel milieuvriendelijker om hiervoor duurzame energiebronnen als waterkracht, zon en wind te gebruiken.

Zero-emission?

Basis van het waterstofpoeder is natriumborhydride (NaBH₄). Wanneer je dit poeder in een installatie mengt met water komt het gebonden

waterstof vrij. Dit waterstof kun je vervolgens gebruiken in een brandstofcel om elektriciteit te produceren. Om waterstof vrij te laten komen is bij dit proces géén elektrolyse nodig. Wel komt er een brandstofcel aan te pas. De opslag vindt onder atmosferische omstandigheden plaats in een poeder, en de waterstof komt zonder toegevoegde energie vrij uit zuiver water (pH=7). Daarbij komt niet alleen de in het poeder opgeslagen waterstof voor 100 procent vrij, maar zorgt de warmte van het proces dat uit het gebruikte water nog eens dezelfde hoeveelheid waterstof vrijkomt.

Opslag van energie

Een belangrijk probleem dat je met de toepassing van H₂Fuel is tackelt de opslag van waterstof. Normaal wordt waterstof onder hoge druk worden opgeslagen. Google maar eens ‘Opslag van waterstof en je leert dat veel mensen een weerstand hebben tegen waterstof vanwege het



explosiegevaar. In de droge poedervorm kun je de waterstof in een gebonden vorm oneindig lang én veilig bewaren. Volgens de patenthouder kent het poeder geen veiligheidsrisico's en is er tijdens het hele proces van productie tot en met gebruik geen enkele schadelijke uitstoot. Als eenmaal de waterstof vanuit natriumboorhydride geproduceerd is, houdt je een reststof over. Het blijkt dat je deze reststof kunt regenereren tot het eerdere poeder waarin weer waterstof geproduceerd kan worden. Dit maakt H₂Fuel tot de eerste 'brandstof', waarvan het restproduct geschikt te maken is voor hergebruik. Min of meer een circulaire brandstof dus. Om de reststoffen weer op te werken is een aparte, tweede reactorkamer nodig.

Het opwekkingsproces

Voor het H₂Fuel-proces zijn dus twee reactorkamers nodig. In de eerste reactorkamer wordt natriumboorhydride (NaBH₄) aangelengd met zuiver water. Hierdoor vindt er een chemische reactie plaats waarbij het mengsel warm wordt. Daarbij splitsen zich uit de natriumboorhydride de vier waterstofatomen af waarbij de natriumboorverbinding (NaB) over blijft. Bij deze reactie komt zoveel energie vrij, dat het aanwezige water zich splitst in waterstofgas en zuurstof. De vrijgekomen zuurstof bindt zich vervolgens aan de natriumboorverbinding, waardoor natriumbooroxide (NaBO₂) ontstaat en nog eens extra vier waterstofatomen.

Even wat schei- en natuurkunde

- Het poeder waar het om gaat, is natriumboorhydride (NaBH₄)
- Natriumboorhydride bevat per molecuul vier waterstofatomen (4 H)
- H₂O bevat per twee moleculen ook vier waterstofatomen (2 H₂)
- Ultrapuur water is water waaruit alle versturende elementen zijn gefilterd
- Een deel van het benodigde water komt uit de brandstofcel en wordt gefilterd
- Een exotherme reactie is een chemische reactie waarbij warmte vrijkomt
- Alle basisstoffen en filterinstallaties zijn al commercieel verkrijgbaar
- 1 m³ NaBH₄-poeder kan 9 MWh energie leveren. Dat is ruwweg de uurproductie van twee windturbines

'Bij voldoende budget zou de H₂Fuel technologie al binnen zes maanden in (tractie)voertuigen ingebouwd kunnen worden'

In de totale reactie komen er uit de natriumboorhydride per molecuul dus vier waterstofatomen vrij en uit het water per 2 moleculen water ook nog eens extra vier waterstofatomen (4 H). Een totaal opbrengst van 8 waterstofatomen.

De vrijgekomen waterstof is nu waterstofgas geworden en is direct bruikbaar als energiebron. Met behulp van een brandstofcel kun je er

elektriciteit mee opwekken. Het geproduceerde water werkt, net als de reactiewarmte in het proces opnieuw als katalysator. Zonder toevoer van energie is er dus waterstofgas geproduceerd.

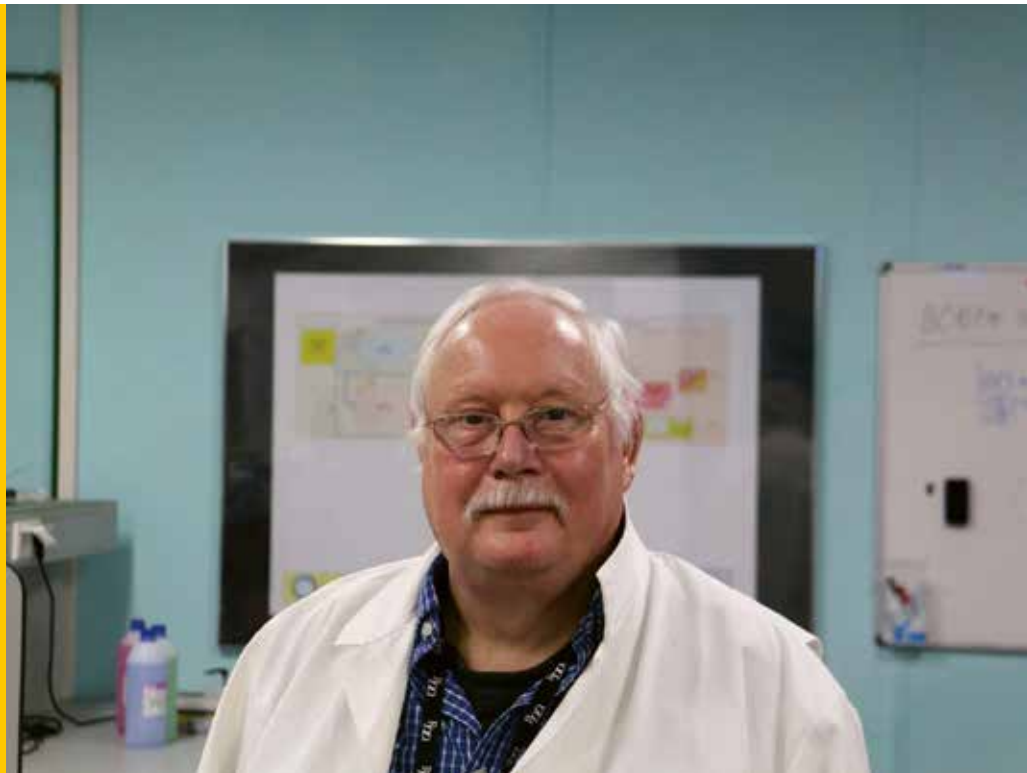
Veiligheid

Het H₂Fuel-proces, de Nederlandse vinding, die gebruik maakt natriumboorhydride geeft de discussie over de veiligheid van waterstofgas

'Waterstof-technologie is nu nog niet voor iedereen betaalbaar'



Gerard Lugtigheid

architect van het huidige NaBH₄-systeem

‘H₂Fuel is de eerste circulaire brandstof’

een totaal nieuwe dimensie. Waterstof laat zich weliswaar makkelijker opslaan en transporteren dan elektriciteit, maar probleemloos is dit niet. Een waterstoftank zou, meer nog dan een lpg-tank, een bom in je voertuig zijn. Het bijzondere van een waterstofmolecuul is overigens wel dat hij heel klein is en zelf in beperkte mate door materiaal heen kan ‘ontsnappen’. Bij ‘opslag’ van waterstofgas in poedervorm zoals bij het H₂Fuel-proces is de ‘old school’ discussie vrijwel verleden tijd.

Poeder als circulaire brandstof

Voor de échte schei- en natuurkunde liefhebbers nog één dingetje: hoe zit het eigenlijk met

die tweede reactiestap waarin de reststoffen in het H₂Fuel-proces geregenereerd worden? Want, we schreven al, je kunt er opnieuw natriumboorhydride mee produceren. De natriumbooroxide (metaboraat, NaBO₂) en water, worden uit de eerste mengkamer verwijderd en naar de tweede mengkamer gebracht. In het regeneratieproces wordt de zuurstof die in de natriumboorverbinding gebonden is, verwijderd. Via een chemisch proces wordt weer waterstof (4 H) aan het molecuul ‘vastgeplakt’. Hiervoor is energie nodig. En dan komt de grote truc: er ontstaat weer natriumboorhydride (NaBH₄). Maar, zult u zich afvragen, waar komt die waterstof opeens vandaan, want er waren toch 8 H atomen verdwenen uit het grondstofmolecuul (4 H voor de brandstofcel en 4 H voor het interne regeneratieproces) Het regeneratieproces in de tweede reactiekamer moet tweemaal de cyclus ondergaan om 8 H atomen weer aan de natriumbooroxide te binden. Wat betekent dat in gewoon Nederlands? Om het proces gaande te houden heb je tweemaal zoveel natriummataboraat nodig als natriumboorhydride, waar het proces aanvankelijk mee startte.

Met ongeloof begroet

Gerard Lugtigheid is de architect van het huidige NaBH₄-systeem, dat steeds meer in de belangstelling komt, maar volgens hem door fysici en technici met ongeloof wordt begroet. Ondertussen heeft H₂Fuel een 5 kWh-unit draaien in Botlek en bouwt men aan een 125 kWh-versie. In de tussentijd bouwen ze door aan een proefschip voor de havendirectie van Amsterdam; ook kijken ze naar de ombouw van een kustvaarder met een huidig motorvermogen van 3 MW. Lugtigheid ‘De ontwikkelingen vinden plaats onder de regelgeving van de chemische industrie en daaronder bewijzen wij de veiligheid van de systemen. Dit gaat stapje voor stapje’, vertelt hij. ‘Natuurlijk kijken wij vooruit en werken we aan versies die in vrachtauto’s of per-

sonenvervoer zijn te plaatsen. Hiertoe zoeken wij binnen die industrieën die ons behulpzaam zijn bij het realiseren van technische hulpmiddelen. Wij willen niet zelf de productie van seriematige producten ter hand nemen. De technologie zal eind 2021, midden 2022 marktrijp zijn. Bij voldoende budget zou de technologie al binnen zes maanden in (tractie)voertuigen ingebouwd kunnen worden’ Om een voertuig met een vermogen van 19 kW, 25 pk, aan te drijven, is volgens Gerard Lugtigheid een installatie met een vermogen van 1,15 kg/h NaBH₄ nodig.

Chemisch perpetuum mobile

Het lijkt erop alsof het H₂Fuel-proces een eeuwigdurende beweging is. Echter, als er ergens energie ontnomen wordt (waterstofgas) zal er links- of rechtsom ook energie moeten worden toegevoegd. ‘Chemisch gezien en qua grondstoffen zou je de recycling theoretisch op 100 procent kunnen stellen’, beaamt Lugtigheid. ‘Maar een echt perpetuum mobile zou ik het niet willen noemen. Zowel bij TU Delft als de Universiteit van Amsterdam loopt een onderzoek naar de energievraag voor dit recycleproces. Zowel voor de initiële productie van NaBH₄ als voor de recycling van NaBO₂ is namelijk energie nodig. Er is nog geen zicht op wat de kostprijs is bij massaproductie van NaBH₄. Daarover hopen we volgend voorjaar uitsluitsel te krijgen. Bedenk wel dat bij gebruik van diesel als brandstof maar 10 procent van het totaal aan de voortbeweging/aandrijving ten goede komt. Dit brengt stelt de 35 procent energie-efficiëntie van dit nieuwe recycle-opwaardeer-proces van NaBO₂ naar NaBH₄ in een gunstig daglicht. Voegt u hierbij de dalende energiekosten (stroom) uit groene bronnen, dan is het slechts een kwestie van tijd waarop het H₂Fuel proces economisch haalbaar wordt, als dat al niet het geval is. Kleine sets zijn zeker in de toekomst mogelijk. Ik denk, zoals ik al aangaf, al voorzichtig aan toepassingen hiervan in voertuigen maar ook voor huiscentrales.”

‘In de droge poedervorm kun je de waterstof oneindig bewaren’



Be social

www.stad-en-groen.nl/article/34254/voertuigen-in-de-stad-straks-met-waterstofgastank-of-poederkrachtbron