

Waterstof moet rol van cokes vervangen in de hoogoven

Hier komt het klimaatbestendige staal

Bij het maken van staal komt behoorlijk wat CO₂ vrij. Daar wil de sector vanaf door de hulp van waterstof in te roepen.

Het maken van staal gaat al meer dan honderd jaar in grote lijnen hetzelfde. Vooral de productie van ijzer uit ijzererts in een hoogoven is een smerig klusje, waarbij cokeskolen worden verstoekt. Die helpen bij het omzetten van ijzererts uit de grond, dat grotendeels bestaat uit ijzeroxides, in ijzer.

De cokeskolen fungeren als een soort magneet die de zuurstofatomen lostrekt van de ijzeratomen. Het probleem is alleen dat zo'n koolstofatoom uit de cokes uiteindelijk door het leven gaat in het innige gezelschap van twee zuurstofatomen. Inderdaad, dat is CO₂, het belangrijkste broeikasgas, waarvan de uitstoot de komende jaren fors omlaag moet.

Daarom heeft het Zweedse energiebedrijf Vattenfall de handen ineengeslagen met staalproducent SSAB en mijnbouwbedrijf LKAB, beide eveneens Zweeds. Met zijn drieën bouwen zij in de noordelijke stad Luleå een nieuwe proeffabriek voor de productie van staal. Hier willen ze de cokeskolen, die traditioneel nodig zijn voor de productie van staal op basis van erts, vervangen door waterstof. Het maken van staal op deze manier moet straks tijdens het proces nauwelijks nog CO₂-uitstoot met zich meebrengen. In plaats daarvan komt bij het nieuwe proces enkel water vrij.

Het doel van dit project, HYBRIT genaamd, is om rond 2035 een productietechnologie te hebben voor fossielvrij

staal. 'Als dit lukt, denken we de CO₂-uitstoot van Zweden met 10 procent te kunnen verminderen en die van Finland met 7 procent', zegt een woordvoerder van Vattenfall. De eerste fase van het HYBRIT-project heeft een budget van 170 miljoen euro, waarvan 50 miljoen euro wordt opgebracht door de Zweedse staat. Later zijn nog meer investeringen nodig. Er is dus veel geld mee gemoeid, maar daar schrikken de bedrijven niet van terug. 'De investeringscycli in de staalindustrie zijn erg lang', zegt Mikael Nordlander, hoofd van de R&D-afdeling Industry Decarbonization van Vattenfall. 'De vraag is: durven bedrijven nog te investeren in fossiel-gebaseerde projecten?'

Circulaire economie

De proeffabriek in Luleå wordt op dit moment in elkaar gezet. Het is een zogeheten *direct reduction plant*, die ijzererts omzet in ijzer. 'Deze zomer moet hij af komen', vertelt Nordlander. 'Tot nu toe hebben we geen verdrag gehad. De machines zijn afgeleverd; nu wordt de installatie *on site* gebouwd.'

Hoewel het een *pilot plant* wordt, zal de fabriek als hij eenmaal af is, geen kleine jongen zijn; hij torent vijftig meter de hoogte in. De fabriek zal weliswaar staal maken, maar is toch vooral een onderzoeksinstallatie, die maar een fractie van een conventionele staalfabriek kan produceren; een ton in plaats van 250 ton staal per uur. 'Hij dient echt om uit te vogelen hoe we ons proces draaiend krijgen. We hebben ons op waterstof gebaseerde proces goed werkend gekregen in het laboratorium in Stockholm, op kleine schaal dus. Nu willen we dat ook voor elkaar krijgen in een installatie die een of twee maten groter is', zegt Nordlander. 'Het doel van de proeffabriek is om te leren hoe we een continu proces op commerciële schaal moeten ontwerpen. We kunnen straks spelen met belangrijke parameters, zoals de precieze samenstelling van het reductiegas waterstof, de temperatuur, debieten en drukkiveaus.' De fabriek hangt straks dan ook vol met meetapparatuur en is zo ontworpen dat er gemakkelijk en relatief snel aanpassingen aan kunnen worden gedaan.

Het nieuwe proces is ook erg geschikt voor het recyclen van gebruikt staal



Hoewel het hogere doel van het HYBRIT-project is om staal te maken zonder CO₂-uitstoot, brengt het nieuwe proces nog enkele andere voordelen met zich mee. Zo is het erg geschikt voor het recyclen van gebruikt staal. Het tussenproduct dat het nieuwe proces (met waterstof) straks levert, is sponsijzer, een poreuze vorm van het metaal. Dat moet voor de verdere verwerking tot bruikbaar staal naar een ander type oven, een zogeheten vlamboogoven. 'Die oven wordt ook gebruikt bij de huidige recycling van staal', vertelt Nordlander. 'Het ligt dan ook voor de hand om een bepaalde hoeveelheid gebruikt staal in ons uiteindelijke proces in te voeren. We zijn straks dus klaar voor de circulaire economie.'

Prijs

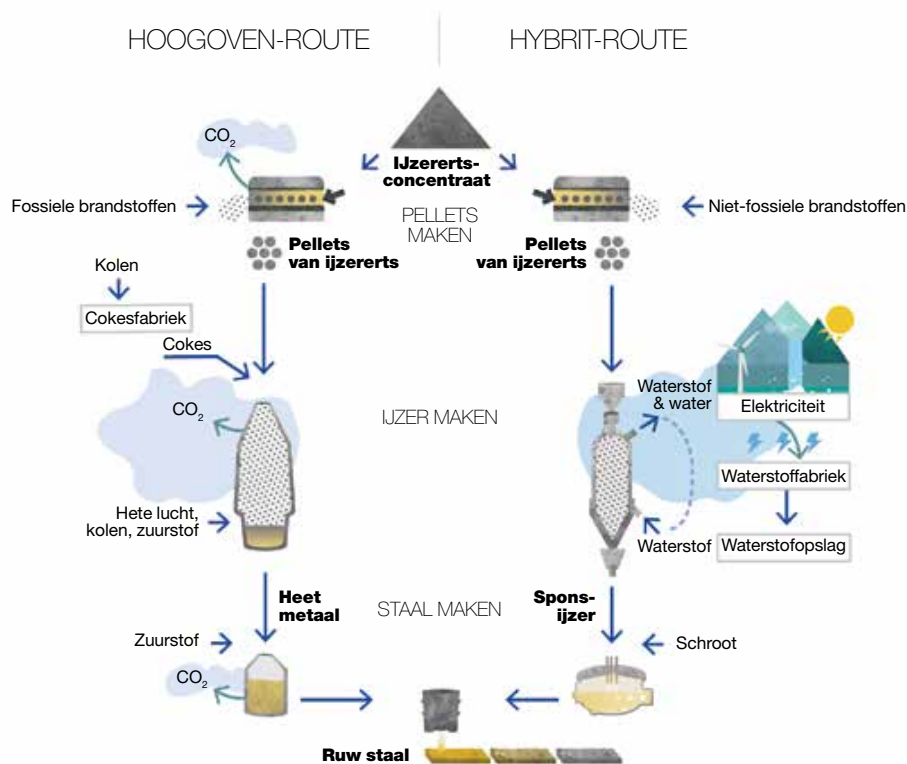
Waterstof is dus de held van dit verhaal, maar daar zit nog wel een addertje onder het gras. Een voorwaarde om het nieuwe staalmaakproces ook echt CO₂-vrij te maken, is dat de gebruikte waterstof op duurzame wijze is geproduceerd. Nu wordt dat vaak nog gemaakt van aardgas, maar SSAB en Vattenfall bewandelen de 'schone route'; project

HYBRIT gaat alleen duurzaam geproduceerde waterstof gebruiken. Dat wil zeggen: waterstof die met duurzaam opgewekte stroom is gemaakt in grote elektrolyseapparaten. 'Zweden is een logische plek om dit project te doen', zegt Nordlander. 'Bijna alle stroom hier – 98 procent – wordt opgewekt zonder CO₂-uitstoot.' Zweden wekt bijna al zijn elektriciteit op met kerncentrales en waterkracht, ongeveer half om half. Langzaam groeit ook het aandeel van windenergie. Slechts een fractie van de stroom wordt nog met fossiele bronnen opgewekt. 'Ook is er een goede balans tussen vraag en aanbod. Daardoor zijn de stroomprijzen laag, zeker voor de industrie.' Nordlander verwacht dat de prijs voor het maken van waterstof nog zal dalen. 'In de toekomst hebben steeds meer andere industrieën het ook nodig.'

Bij het opschalen van de duurzame staalproductie zijn er een paar grote technische hordes die de betrokken bedrijven zullen moeten nemen. De eerste is het proces waarbij de waterstof de zuurstof aan zich bindt; het nieuwe proces is *endotherm* – er moet warmte worden toegevoerd om het proces te laten lopen. Dit in tegen- ▶

In één van deze hoogovens in Duisburg voert Thyssenkrupp Steel proeven uit met waterstof.

FOTO: THYSSENKRUPP



Twee processen voor het maken van staal uit ijzererts. Rechts de nieuwe HYBRIT-route, waarbij cokes vervangen worden door waterstof; links de oude hoogovenmethode.

INFOGRAPHIC: VATTENFALL

stelling tot het bestaande proces met cokes, dat *exotherm* is – en waarbij dus extra warmte vrijkomt. ‘We stappen van het ene op het andere proces over en veranderen dus de hele warmtebalans van zo’n fabriek. Als je een methode van de eeuwen is gebruikt, dan is dat wel een grote uitdaging’, zegt Nordlander.

Een tweede vraagteken gaat over het koolstofgehalte. Staal zou geen staal zijn zonder dat er een beetje koolstof aan het ijzer is toegevoegd. Bij het traditionele proces voor de reductie van het ijzererts komt die koolstof van de cokes. Maar die zijn er in het nieuwe proces niet. ‘Met ons op waterstof gebaseerde proces komt er geen koolstof in het ijzer terecht. Dat moeten we er dus op een andere manier instoppen. Dit is een van de uitdagingen van het project’, geeft Nordlander toe. ‘Op welk moment in het proces we dat het beste doen, daar zijn we nog niet uit.’ En dan, lachend: ‘En als we dat wel waren, kon ik je toch niet het naadje van de kous vertellen. Dit is een van de gevoeligste onderdelen van ons project, in het opzicht van intellectueel eigendom.’

Kan de nieuwe manier om staal te maken concurreren met het bestaande productieproces? Die vraag is nog niet zo een twee drie te beantwoorden, vooral omdat de randvoorwaarden steeds veranderen. Zo zijn de prijzen van cokes variabel, net als de stroomprijzen en de kosten van CO₂-uitstoot. ‘We denken nu dat onze nieuwe productie-techniek zo’n 20 tot 30 procent duurder zal zijn dan de conventionele staalproductie’, zegt Nordlander. ‘Maar we willen uiteindelijk naar gelijke kosten.’

De prijs is overigens niet de enige factor waarop de afnemers van staal sturen. Staalproducent SSAB merkt bij klanten een toenemende behoefte aan duurzamere materialen. Een eventuele prijsstijging van ruwstaal van 20 of 30 procent is dan best te overzien, denkt Nordlander. ‘Staal is van zichzelf al geen kostbaar materiaal, maar half zo duur als aardappelen. En als je het verwerkt in bijvoorbeeld auto’s, dan wordt die prijsstijging nog meer verdund tot een stijging van 1 procent op de prijs van de auto.’

Formule 1-wagen

SSAB hoopt over een paar jaar het eerste bedrijf te zijn dat klimaatvriendelijk staal kan maken. Het Zweedse bedrijf is wereldwijd gezien een kleine speler, maar ook de grote jongens zoeken het in waterstof. Zo is het Duitse concern Thyssenkrupp Steel eind 2019 begonnen met een proef in een van zijn hoogovens in Duisburg. Tijdens uren durende tests stroomt er uit één van de 28 blaaspipen van de hoogoven niet het gebruikelijke mengsel van zuurstof en poederkool, maar tijdelijk ook waterstof.

Het is nog te vroeg voor resultaten van de pilot, maar het lijkt mogelijk te zijn om staal te maken met waterstof in plaats van op koolstof gebaseerde stoffen, vertelt Frank Ahrenhold, hoofd duurzame staalproductie van Thyssenkrupp Steel via Skype. De route van Thyssenkrupp is een andere dan die van SSAB. De Duitse staalmaker is veel groter en kan het zich niet veroorloven om in een keer de bestaande fabrieken af te danken. En dus wil Thyssenkrupp Steel stap voor stap zijn bestaande processen aan-



passen en geleidelijk waterstof introduceren. Eenvoudig is dat niet, zegt Ahrenhold. ‘Het is niet alsof we even de banden van onze Formule 1-wagen kunnen vervangen.’

De eerste uitdaging die Ahrenhold en collega's van Thyssenkrupp Steel tegenkomen, zijn de hogere temperaturen die optreden door de injectie van waterstof. Normaal gesproken wordt in de hoogoven een mengsel van zuurstof en poederkool geïnjecteerd en dat leidt tot temperaturen tussen de 1500 en 1700 graden Celsius. Met de invoering van waterstof kan dit oplopen tot boven de 2000 graden. ‘We moeten dat schatten’, vertelt Ahrenhold. ‘Want de binnenkant van zo'n hoogoven is heel lastig te bereiken, dus we moeten een beetje gissen naar wat er precies gebeurt. Het is als het ware een *black box* voor ons.’

Koelwater

En wat doe je met een *black box*? Daar probeer je zoveel data van te verzamelen, om nog een beetje grip te krijgen op wat erbinnen gebeurt. Zo meten ingenieurs in Duisburg niet alleen drukkiveaus in de hoogoven, maar ook de temperatuur van het koelwater dat de koperen

onderdelen van de fabriek koelt. ‘Terwijl we meten, variëren we cruciale parameters, zoals de positie van de lans waardoor het mengsel van poederkool en zuurstof binnenstroomt.’ Ook heeft Thyssenkrupp Steel een speciaal apparaat ontwikkeld dat monsters kan nemen van het gevormde ijzer. ‘Daarvan willen we leren wat er echt gebeurt van binnen. Want die kennis hebben we nodig om te begrijpen wat er straks gebeurt als we niet door 1, maar door alle 28 blaaspipen waterstof gaan inblazen.’

Als waterstof straks door alle 28 blaaspipen de hoogoven in stroomt, is de CO₂-uitstoot van deze hoogoven in Duisburg mogelijk teruggebracht met 20 procent. Maar het doel van Thyssenkrupp Steel is om in het jaar 2030 de CO₂-uitstoot van de staalproductie te hebben teruggebracht met 30 procent. ‘We gaan dus nog meer doen. Ook wij gaan nieuwe fabrieken bouwen, met nieuwe processen op basis van waterstof. In 2050 wil Thyssenkrupp Steel helemaal geen broeikasgassen meer uitstoten. ‘Daar kun je uit opmaken dat we dan dus zijn afgestapt van hoogovens.’ ●

De proeffabriek van SSAB die in het Zweedse Luleå in aanbouw is, torent vijftig meter de hoogte in.

FOTO: VATTENFALL