

Thermokatalytische reforming haalt het onderste uit de kan

Veredelde pyrolyse van biomassa

De Duitse start-up Susteen Technologies GmbH komt naar Nederland met zijn thermokatalytische reforming proces (TCR[®]), een veredelde pyrolysetechnologie. Met relatief kleine installaties kunnen klanten straks op decentrale locaties diverse soorten biomassa omzetten in synthesegas, houtskool en olie van dieselkwaliteit, die ze vervolgens als brandstof of grondstof voor wat anders kunnen inzetten. Langs deze weg is het mogelijk meer dan zeventig procent van de energie uit biomassa te benutten.

"Het mooie van deze TCR[®]-technologie is, dat je er allerlei reststromen mee kunt verwerken tot verschillende producten naar keuze. 'Multi-input en multi-output', daar komt het kort gezegd op neer", zegt Hennie Zirkzee, technisch directeur van Susteen Technologies.

Snelle pyrolyse

Pyrolyse is op zichzelf niet nieuw. In Nederland en elders staan al installaties waarin snelle pyrolyse-processen (*fast pyrolysis*) plaatsvinden. Hierbij wordt de biomassa in een reactor omgezet bij temperaturen van 500 graden Celsius of hoger, onder uitsluiting van zuurstof. Dan gaat de biomassa binnen enkele seconden over in een gas, dat bij afkoeling deels condenseert tot olie. Andere producten zijn niet-condenseerbare gassen als koolmonoxide en kooldioxide en verder biokool en water. Doel van deze snelle pyrolyse is om zoveel mogelijk olie uit de biomassa te verkrijgen. Vaak ontstaat hierbij ook teer, zodat een installatie regelmatig schoon gemaakt moet worden, wat dus extra kosten met zich meebrengt. Ook bevat de olie organische zuren, waardoor het zuurgetal van de olie kan variëren van 50 tot 100. Het zuurgetal is een maat voor de hoeveelheid loog die nodig is om de zuren te neutraliseren. Daarom kan deze olie alleen gebruikt worden in installaties met dure materialen die zuurbestendig zijn. Zo'n zestig procent van de opbrengst van snelle pyrolyse bestaat uit olie, die een verbrandingswaarde van ca. 20 megajoule per kilogram heeft, wat ruwweg de helft van de verbrandingswaarde van diesel is. Verder bevat deze olie nog zo'n tien procent water.

Zirkzee: "Je kunt de bio-olie van snelle pyrolyse opwaarderen door deze katalytisch na te behandelen. Daar wordt wereldwijd onderzoek aan gedaan. Nadeel is, dat je de katalysator vervolgens weer op een of andere manier uit de productstroom moet zien af te scheiden en regenereren, waardoor de operationele kosten oplopen."

Langzame pyrolyse

Naast snelle pyrolyse bestaat er ook langzame pyrolyse (*slow pyrolysis*). De Duitse firma Pyreg levert installaties, die biomassa grotendeels omzetten in "plantenkool". De gemiddelde verblijftijd van de biomassa in de reactor varieert van enkele minuten tot enkele uren. Dit levert kool op die geschikt is als bodemverbeteraar, als filtermateriaal vergelijkbaar met actieve kool en als brandstof om warmte en elektriciteit mee op te wekken.

Thermokatalytische reforming

De nieuwste vorm van pyrolyse is thermokatalytische reforming. Hieraan heeft professor Andreas Hornung, directeur van Fraunhofer Umsicht met vestigingen in Oberhausen en Sulzbach-Rosenberg zeventien jaar gewerkt. Voorgedroogde biomassa met 70 à 90 procent aan droge stof, die gecompecteerd is, gaat de TCR[®]-reactor in, waarin een draaiende schroef de biomassa verplaatst.

Gelijktijdig wordt de biomassa bij temperaturen van 400 tot 500 graden Celsius onder uitsluiting van zuurstof omgezet in biokool (*biochar*) en vluchtige organische bestanddelen, die worden opgevangen. De gemiddelde verblijftijd van de massa in de reactor is vijf à tien minuten. De schroef is dusdanig ontworpen, dat er koolstof met een katalytische activiteit uit de reactor komt. Vervolgens gaat de katalytisch actieve kool en het gevormde synthese gas het tweede gedeelte van de TCR[®]-reactor in, de zogeheten *post reformer*, waarin de katalytisch actieve kool een bed van vaste stof vormt. Bovenin wordt continu kool aangevoerd en onderin continu kool afgevoerd. Bij temperaturen van 600 tot 750 graden laat men de eerder opgevangen vluchtige organische verbindingen door het bed van katalytisch actieve kool stromen, waarbij deze gekraakt worden tot verbindingen met kortere ketens. Door de reactie van koolstof met waterdamp vormt zich extra synthesegas, dat dankzij de hoge temperatuur voor ongeveer de helft uit waterstof bestaat (evenwichtsreactie). De waterstof reduceert de zuurstofhoudende organische verbindingen, zodat olieproducten overblijven met een resterend zuurstofgehalte van 7 à 9 procent, die daardoor een relatief hoge verbrandingswarmte hebben. Ook zorgt het waterstof ervoor dat zure componenten verdwijnen. Bij afkoeling van de gassen uit de TCR[®]-reactor condenseren water en olie.

Olie voldoet aan de norm

Al met al levert thermokatalytische reforming olie op met een verbrandingswarmte van 33 tot 40 megajoule per kilogram, bijna zo hoog als de verbrandingswarmte van 42 à 43 megajoule per kilogram van diesel, en met een zuurgetal van circa 3. De bio-oliën worden op kleine schaal met standaard *hydrotreatment* processen gehydrogeneerd tot zogenoemde HDO-oliën. Deze oliën voldoen op bijna alle parameters aan de EN 590 norm voor diesel en de gasoline spec (EN 228). De TCR[®]-oliën zijn destilleerbaar en leveren daarbij fracties op die geschikt zijn voor verbrandingsmotoren, ketelinstallaties en energiecentrales. Duitse automobiefabrikanten onderzoeken momenteel in hoeverre deze oliefracties perspectief bieden als biobrandstof voor grootschalig gebruik.

Daarnaast levert dit proces synthesegas op, dat behalve waterstof, koolmonoxide en kooldioxide ook methaan en andere alkaanverbindingen bevat. Het is mogelijk de procesparameters zo te kiezen dat het synthesegas voor meer dan de helft uit waterstof bestaat. Dit gas is vrij van teer, stof en aerosolen en gaat voor een deel naar de branders die de TCR[®]-reactor verhitten. Ten slotte levert het proces ook biokool op, dat vrijwel geen organische componenten meer bevat en qua porositeit te vergelijken is met actieve kool. Bij een bepaalde voeding van de TCR[®] kan de verbrandingswarmte van deze biokool vergelijkbaar zijn met die van antraciet kolen. Volgens Zirkzee is een grote Duitse partij in deze "bio-antraciet" geïnteresseerd.

In 2014 heeft Fraunhofer Umsicht de spin-off Susteen Technologies opricht om deze technologie in de markt te zetten. Het jonge bedrijf krijgt begeleiding van Fraunhofer Ventures, dat in totaal ongeveer 200 spin-offs onder zijn hoede heeft. Het bedrijfje telt slechts vier mensen, maar kan bij de verdere ontwikkeling en opschaling rekenen op ondersteuning van Fraunhofer Umsicht in Sulzbach-Rosenberg.

Reactoren van verschillende grootte

Zirkzee: "Susteen werkt aan het ontwikkelen en commercialiseren van TCR[®]-systemen van verschillende capaciteiten. De TCR 30 is een kleine installatie voor het verwerken van maximaal 30 kilogram biomassa per uur. Zo'n kleine installatie is bijvoorbeeld geschikt voor boeren die groene

stroom willen opwekken. Je kunt er allerlei energiehoudende reststromen mee verwerken. Inmiddels heeft zo'n TCR 30 al twee jaar zonder problemen 3000 uur gedraaid."

Daarnaast is er de TCR 300, geschikt voor 300 kilogram voeding per uur. Het ontwerp en de engineering van deze installatie, die in een container op een skid zal passen, zijn klaar. Deze wordt nu gebouwd. Eind 2016 zal de eerste installatie ergens in Duitsland rioolslib gaan verwerken. Ten slotte is Susteen van plan 2018 een TCR 3000 op de markt te brengen, die 3000 kg biomassa per uur kan verwerken. Een grotere installatie zal er voorlopig niet komen. "Als er meer capaciteit nodig is, zetten we een aantal ervan parallel. Dit heeft als voordelen, dat je er af en toe eentje kunt stilzetten voor onderhoud zonder dat het proces stilvalt en dat je gelijktijdig aan de ene installatie een andere voeding kunt toedienen dan aan de andere installatie", aldus Zirkzee.

Bij biomassa valt te denken aan agrarische reststromen, huishoudelijk afval, papierresten, dierlijke mest, digestaat van vergisters, dierlijke oliën en vetten en plastic afval. Er zijn inmiddels 80 soorten voedingsstromen met goed gevolg getest.

Een TCR[®] kan nog uitgebreid worden met een add-on: een zogenoemde bio-activated cracking reactor. De invoer bestaat uit de hete damp uit de TCR[®] en plastic afval, oliën of vetten. Dit levert synthesegas en alifatische oliën op. Het is dus een add-on om plastic, oliën en vetten te kraken tot olie.

Bouwstenen voor veel producten

Zirkzee: "De TCR[®] levert kortom syngas, olie en biokool waar je weer allerlei producten van kunt maken. De uitdaging is om per klant te zoeken naar de beste business case: één die zodanig winstgevend is, dat de bank er geld voor wil lenen en waar Susteen ook nog wat aan overhoudt. Het inzetten van een TCR[®] kan heel aantrekkelijk zijn voor partijen die een *gate fee* van twintig tot honderd euro per ton moeten betalen voor het laten verwerken van hun reststromen. In Italië is bijvoorbeeld een fabrikant van autostoelen die veel afval overhoudt, dat verwerkt moet worden. Dat kost veel geld. Een TCR[®] bespaart niet alleen de *gate fee*, maar levert ook gas, olie en biokool op, waarmee het bedrijf grotendeels in zijn eigen energiebehoefte kan voorzien."

"In Nederland zijn we bezig om met potentiële klanten haalbaarheidsstudies op te zetten. Een voorbeeld is het eiland Terschelling dat zelfvoorzienend wil worden. Het ter plekke verwerken van biomassa levert elektriciteit, warmte en olie op. De olie kan eventueel als brandstof dienen voor de veerboten. Ook is het mogelijk plastic afval te verwerken, dat dan dus niet meer naar het vasteland vervoerd hoeft te worden."

Een TCR[®] kan bijvoorbeeld ook 500 kg digestaat en 500 kg compost per uur te verwerken. Dit levert eveneens warmte, elektriciteit en biokool op. Die biokool kan eventueel gebruikt worden als brandstof om het hele proces te verwarmen. De *gate fee* voor digestaat is tien euro per ton. Zirkzee: "Als je het digestaat niet laat verwerken of storten, maar het in een TCR[®] verwerkt, levert dit 120 megajoule aan energie per ton op en betaal je geen *gate fee*. Voor een klant in Italië hebben we uitgerekend, dat deze bij het verwerken van biomassa aangevuld met dierlijk vet geen *gate fee* meer betaalt en flink wat bespaart op de gas- en elektriciteitsrekening. Een gasgestookte installatie levert bovendien groene stroom, waarvoor de klant 20 tot 25 cent per kilowattuur aan subsidie krijgt. Dat levert een rendement van twaalf tot dertien procent op geïnvesteerd kapitaal op."

Lignine is perfecte voeding

Een TCR[®] biedt ook mogelijkheden als aanvulling op een bioethanolfabriek. Normaal levert de omzetting van biomassa, zoals hout, bladeren en stengels, suikers op, die met behulp van fermentatie worden omzet in ethanol. Daarnaast komt lignine vrij, dat volgens Zirkzee een perfecte voeding voor een TCR[®] vormt.

Voor de Rotterdamse haven is een project in de maak voor de bouw van een ethanolfabriek in combinatie met een TCR[®]-technologie. Het idee is om met een licentie een tweede-generatie-ethanolfabriek te bouwen. Normaal levert zo'n fabriek een rendement op van ca. tien procent op het geïnvesteerde vermogen. "Met een TCR 3000 erbij kan het rendement oplopen tot twintig procent", aldus Zirkzee, die samen met anderen het Havenbedrijf Rotterdam, de gemeente Rotterdam en financiële partijen voor dit plan probeert te interesseren. Een besluit over een dergelijke investering zal naar verwachting aan het eind van het jaar genomen worden.

Vaak wordt gesteld, dat het zonde is om biomassa alleen voor het opwekken van energie te gebruiken. Dat het beter is om eerst met cascaderen de meest waardevolle componenten uit biomassa te halen. Gebeurt dat in voldoende mate bij thermokatalytische reforming? Zirkzee: "Ja, wij halen er waardevolle componenten uit, die vervolgens weer voor verschillende doeleinden kunnen worden ingezet, waaronder ook de productie van chemicaliën. Het gaat erom dat je uit biomassa zoveel mogelijk waarde haalt."