

Interview met prof.dr.ir. Jaap Schouten

Een chemische fabriek

Jim Heirbaut



Ir. J. Heirbaut
(info@jimheirbaut.nl)
is freelance journalist
wetenschap en techniek.
Santvlietmolen 11,
5612 MD Eindhoven,
www.jimheirbaut.nl

In de wereld van de elektronica wordt alles steeds maar kleiner. De laatste jaren lijken ook de chemie en de procestechnologie van deze ontwikkeling te gaan profiteren met de opkomst van microreactoren. Eén van de stuwende krachten hierachter is hoogleraar Jaap Schouten, die aan de TU Eindhoven vanaf 1998 een onderzoeksgroep op dit gebied leidt. Het jaar 2006 bracht hem verschillende prijzen en awards. Al met al reden genoeg om eens met hem te gaan praten over de toekomst van microreactoren. Wat houdt hem nu bezig en waar gaat het naar toe?

De term ‘microreactor’ kan wellicht wat verwarrend zijn. Het ‘micro’ slaat niet zozeer op de buitenafmetingen van een dergelijke reactor – die kunnen uiteenlopen van een aantal centimeters tot wel een meter of zelfs meer –, maar juist op de binnenkant. Een microreactor bevat duizenden zeer smalle kanaaltjes, van een fractie van een millimeter in diameter, waar de chemische stoffen continu doorheen lopen en met elkaar reageren. Het grote voordeel van dit principe is dat de chemische processen die optreden veel beter beheersbaar zijn dan in één groot reactorvat. Er vindt ook betere menging plaats en de stof- en warmteoverdracht is beter. En de kleinere volumes zorgen er logischerwijs ook voor dat een microreactor veiliger is dan een grote traditionele reactor. “Ook kun je veel eenvoudiger meetinstrumenten inbouwen”, zegt prof.dr.ir. Jaap Schouten, hoogleraar aan de faculteit Scheikundige Technologie van de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e). “Microreactortechnologie is nog een jong vakgebied. Pas sinds begin jaren negentig van de vorige eeuw is men ermee bezig. Het komt eigenlijk voort uit de ontwikkelingen en toepassingen rond ‘lab-on-a-chip’, ‘microfluidics’, en de kleine kanaaltjes die daarbij kwamen kijken.” Het vakgebied is niet alleen meer bezig met wetenschappelijke uitdagingen; de eerste toepassingen dienen zich ook al aan. “Je kunt al apparaten met microreactortechnologie kopen die propaan omzetten in waterstof. Daar kun je

vervolgens elektriciteit mee produceren in een brandstofcel. Tot 250 watt is dat al op de markt. Handig voor in je tent of in de camper.”

Efficiënt

Schoutens onderzoeksgroep richt zich op het ontwerp van microreactoren. De processen moeten er zo efficiënt mogelijk in kunnen verlopen. Daarbij is de geometrie zeer van belang, maar ook het op elkaar afstemmen van de verschillende processtappen die in de reactor moeten plaatsvinden. De groep werkt aan verbeteringen in de richting van actievere katalysatoren, want die zijn nu vaak nog limiterend. Maar ook aan het slimmer afvoeren van de warmte die tijdens de reactie ontstaat. Ook streven ze ernaar de gassen en vloeistoffen zo homogeen mogelijk te verdelen over de verschillende kanaaltjes. En vervuiling wil je natuurlijk zoveel mogelijk vermijden of afvoeren.

Microreactoren zijn onder meer geschikt voor het maken van fijnchemische of farmaceutische producten. Daarbij vindt over het algemeen een synthese van complexe organische moleculen plaats. In een traditioneel groot reactorvat heb je te maken met een flinke spreiding op de verblijftijd van de stoffen en daardoor is het gemaakte product vaak niet voldoende, in een microreactor kun je de synthese veel gecontroleerder laten plaatsvinden. In de microkanalen is er een zogeheten



1
Fig. 1 Prof.dr.ir.
Jaap Schouten
(foto: Bram Saeys
Fotografie,
Eindhoven)



voor op tafel

propstroming, wat betekent dat alles even snel stroomt. Alle stoffen hebben dus dezelfde verblijftijd. Zo kun je de reacties veel beter beheersen.

Natuurlijk hebben microreactoren ook zo hun beperkingen. Doordat de microkanaaltjes zo'n kleine diameter hebben, is de capaciteit niet erg groot. Daar staat wel tegenover dat de reactoren eenvoudig parallel te schakelen zijn. Ook grote productiecapaciteiten liggen daarom in het verschiet en zijn zelfs in bepaalde gevallen al gerealiseerd. Maar voorlopig zullen microreactoren niet worden gebruikt voor het maken van bijvoorbeeld polyetheen, om maar een veelgebruikte kunststof te noemen. Bijkomende reden is dat de microkanalen door viskeuze of vaste stoffen kunnen dichtslibben.

Nieuwe mogelijkheden

De industrie toont erg veel interesse voor de microreactortecnologie. Eenmaal doorontwikkeld leveren microreactoren immers een scala aan nieuwe mogelijkheden op. Schouten: "Je kunt de route van de reacties die de stoffen doorlopen veel preciezer plannen, waardoor nieuwe syntheseroutes mogelijk worden. Ook kun je de kanaaltjes waarin de reacties plaatsvinden integreren met bijvoorbeeld koelkanalen, voor een optimale temperatuurbeheersing. Hierdoor zou je zelfs nieuwe stoffen in een continu proces kunnen produceren." Naast nieuwe producten verwacht Schouten ook dat de snelle ontwikkeling van microreactoren leidt tot goedkoper produceren en makkelijker opschalen van een proces. Je hebt immers niet steeds een grotere reactor nodig, maar je kunt gewoon een x aantal keer een microreactor parallel schakelen. Dat levert een bedrijf een kortere 'time-to-market' op en dus meer tijd om de investeringen terug te verdienen. De kleine afmetingen van de microreactoren maken het ook aantrekkelijk om een fabriek eenvoudigweg neer te zetten op de plek waar de eindproducten gewenst zijn of waar de grondstoffen beschikbaar zijn. Dat kan de hele logistiek en de bedrijfsketen veranderen. Maar dat is echt nog toekomstmuziek.

Microreactoren zijn bij uitstek geschikt om een productiesysteem modulair op te bouwen. Schouten: "Ik vergelijk het altijd met LEGO. Je hebt enerzijds de reactoren, maar anderzijds natuurlijk ook de componenten voor flowverdeling, menging, warmte-uitwisseling, scheiding, enzovoort. Juist ook in de R&D-fase waarin we nu zitten is dit een heel gemakkelijke eigenschap." Schoutens groep aan de TU/e werkt zo – samen met andere partijen – aan het opstellen van ontwerp- en opschalingsregels voor het bouwen van microreactoren en mini-productiesystemen. "Microreactoren moeten zichzelf nog wel verder gaan bewijzen, maar over een paar jaar zitten ze in de 'toolbox' van de chemisch technoloog."

Meerfasenreactoren

Naast microreactoren houdt Schouten zich ook bezig met gestructureerde meerfasenreactoren. Deze moeten de traditionele bellenkolom, 'trickle bed reactor' of geroerde reactor gaan vervangen. In deze klassieke reactoren is de katalysator in deeltjesvorm aanwezig, bijvoorbeeld in een 'slurry'. De beweging van de gasbellen in de bellenkolom moet ervoor zorgen dat de gasvormige en vloeibare reactanten zoveel mogelijk met de katalysator in aanraking komen. In één van de vervangende reactorconcepten draait een poreuze spons- of schuimachtige structuur rond door de vloeistof. "De katalysator zit op het enorm grote oppervlak hiervan. En doordat deze metaal- of koolstofstructuur meer dan negentig procent poreus is, valt het met de drukval ook wel mee. Zo zorgen we dat de gassen en vloeistoffen zo efficiënt mogelijk langs de katalysator bewegen", legt Schouten uit. Een tweede reactorconcept bestaat uit twee cd-achtige schijven die op slechts een paar honderd micrometer afstand snel tegen elkaar in draaien. Het katalysatormateriaal zit op het oppervlak van deze schijven. Door de grote afschuifspanning in de vloeistof ontstaan vele kleine gasbelletjes, die op hun beurt weer zorgen voor een goede stofoverdracht. En de hoge

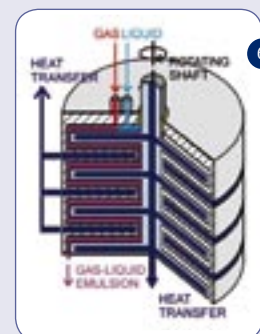
Fig. 2
Demonstratieversie van een microreactor voor de selectieve verwijdering van koolmonoxide uit een waterstofgasstroom voor kleinschalige elektriciteitsproductie in een brandstofcel (bron: TU/e & Institut für Mikrotechnik Mainz)

Fig. 3a en 3b
Microreactor voor het screenen van de activiteit van katalysatorcoatings (bron: TU/e)

Fig. 4
Microgestructureerde katalytische reactor voor het gecontroleerd oxideren van organische verbindingen (bron: TU/e)

Fig. 5
Prototype van een 'multiple spinning disks reactor' voor onderzoekdoelinden (bron: TU/e)

Fig. 6
Impressie van een 'rotating chemical plant' voor een katalytische meerstapssynthese in 'multiple spinning disks' reactoren (bron: TU/e)



g-krachten zouden ook gebruikt kunnen worden om gas en vloeistof te scheiden. Dit is een idee dat al langer bestond, onder andere in Engeland ('spinning disc reactor'), maar Schoutens groep heeft het weer opgepakt met als verschil dat ze meerdere schijvenkoppels naast elkaar plaatsen, bijvoorbeeld voor het uitvoeren van een multistaps-synthese. In de verre toekomst kun je verschillende van deze schijven boven elkaar op een as zetten en naar believen vervangen, afhankelijk van het proces. Een chemische fabriek op één draaiende as dus.

Awards

Het jaar 2006 bracht Schouten erkenning van buitenaf voor zijn onderzoekswerk. IChemE, het Britse instituut voor chemisch ingenieurs, gaf hem één van hun awards: die voor 'innovation in applied catalysis and colloid science'. En door de Technologiestichting STW werd hij tot Simon Stevin Meester benoemd. Een prestigieuze jaarlijkse prijs voor zeer prominente technisch-wetenschappelijke onderzoekers aan Nederlandse universiteiten, die excellent onderzoek verrichten en het bedrijfsleven voor hun onderzoeksresultaten weten te interesseren. En goed voor een half miljoen euro, dat vrij aan onderzoek te besteden is. Schouten: "Deze prijs geeft veel voldoening. Voor mezelf geeft het de bevestiging dat je goed bezig bent. We zijn dit type onderzoek acht jaar geleden in Eindhoven begonnen. Het is een geweldige motivatie voor mijn onderzoeksgroep om enthousiast

door te gaan op de weg die we toen zijn ingeslagen." Nog een laatste blik in de toekomst? Schouten: "In het vakgebied van de procestechologie zijn de laatste tien, twintig jaar weinig grote doorbraken geweest. Maar de microreactoren zouden het kunnen zijn, geïnitieerd door de opkomst van de micro-elektronica en micro-technologie. Uiteindelijk zou ik het leuk vinden om samen met anderen aan de ontwikkeling van nieuwe, compacte, 'multi-purpose' productiesystemen te werken. De trefwoorden hierbij zijn: gedecentraliseerde, 'just-in-time', 'on-demand' productie in flexibele, modulair opgezette, kleinschalige eenheden. Je rijdt het ding ergens heen en begint te produceren wat je ter plekke nodig hebt. In kleine, geminiaturiseerde, multifunctionele, mobiele fabriekjes die zich snel aan veranderende externe omstandigheden en procescondities kunnen aanpassen. Dus niet: steeds groter en logger, maar wel: kleiner en wendbaarder. Kleinschalige waterstof- en elektriciteitsproductie in een laptop? Medicijnproductie in het ziekenhuis? Lokale productie van biobrandstoffen? Dat vraagt natuurlijk nog erg veel op het gebied van onder andere logistiek en 'supply chain management. En er zijn uiteraard nog veel R&D-stappen te zetten, maar samen met de industrie wil ik graag werken aan de benodigde innovatieve reactortechnologie. Ik zit op een universiteit, maar de link met de industriële toepassing vind ik wel één van de vele leuke aspecten van het vak." ●



npt
procestechologie

'Deskundigen' vinden NPT Procestechologie
het beste vakblad
op het gebied van
proces- en chemische technologie
in de Benelux...

www.nptprocestechologie.nl

...maar kijk zelf

Op de website ziet u de geplande thema's
en de gepubliceerde onderwerpen.
Ook vindt u een beschrijving van de lezers.
Wilt u een proefnummer of een abonnement?
Ook dat kunt u daar aanvragen.



BUNOVA

Effectief
innoveren?

Heeft u het idee dat uw apparaten en processen beter kunnen presteren, maar u heeft geen tijd voor gedegen onderzoek? Wij kunnen u op korte termijn van dienst zijn. Wij komen met betrouwbare en innovatieve oplossingen, ondersteund met moderne simulaties.

www.bunova.nl

038-4237474

WERKTUIGBOUWKUNDIG EN PROCESTECHNOLOGISCH INGENIEURSBUREAU