

Golven in de reactor



De chemische industrie kan schoner en veiliger, zegt hoogleraar procesintensificatie Andrzej Stankiewicz.

Michiel van Nieuwstadt

EEN CHEMISCHE fabrieksinstallatie hoeft niet veel groter te zijn dan een schoendoos. Dat bewijst het chemiebedrijf DSM met een reactor van 65x35x25 cm die in het Oostenrijkse Linz dit jaar 700.000 kilogram uitgangsstof omzet in diacetonacrylamide, een grondstof voor onder andere acrylverven en -coatings. Crux van de innovatie is dat de reagentia niet in een vat door elkaar worden geroerd, maar samenkomen in tienduizenden kleine kanaaltjes. De grondstof stroomt continu naar binnen en het product stroomt continu de reactor uit. Hoe de microreactor er precies uitziet heeft DSM niet bekendgemaakt. Dit soort vernieuwingen in de procestechnologie zijn concurrentiegevoelig en daarom vaak omgeven met een waas van geheimzinnigheid.

De Oostenrijkse reactor is een voorbeeld van procesintensificatie, zegt Andrzej Stankiewicz, deeltijd hoogleraar op dit vakgebied bij de vakgroep Process & Energy van de TU Delft. Stankiewicz is in Polen opgeleid als reactordeskundige en werkt sinds 15 jaar voor DSM Research. Het gaat erom chemische processen te verbeteren door slim ontwerp en efficiënt gebruik van reactoren. Het verkleinen van een reactor is in dit betrekkelijk nieuwe vakgebied maar een

van de vele mogelijkheden. Een lawine aan publicaties heeft de laatste jaren aangetoond dat chemische reacties ook sneller verlopen als ze worden bestraald met microgolven of ultrageluid (honderden keren sneller), blootgesteld aan een gravitatieveld (200 tot 1000 keer sneller) of een supersonische schokgolf (tien keer sneller). Het gaat nog om laboratoriumexperimenten, maar volgens Stankiewicz vinden deze vernieuwingen langzaam maar zeker ook toepassing in industriële processen, ook bij DSM (zie kader).

Innoveren gaat in de chemische industrie niet altijd van harte. Tijdens zijn intrede op 21 april toonde Stankiewicz een 450 jaar oude houtsnede van een Middeleeuws proces voor de winning van goud uit erts (zie afbeelding). Zijn boodschap: er is weinig veranderd. Nog altijd worden reagentia bijeen gebracht in een vat waarin je kan roeren. De vergelijking was bedoeld om het publiek te prikkelen, was zij ook niet wat overdreven? "Helemaal niet", zegt Stankiewicz op zijn werkkamer in het Researchlab van DSM bij Geleen. Hij wijst door het raam naar buiten. "De fabrieken die daar staan zijn een slordige dertig jaar oud. Als we nieuwe bouwen, dan lijken die daar sterk op. Chemische bedrijven concentreren zich liever op het introduceren van nieuwe producten dan op vernieuwingen in het productieproces."

Innovatie kan giframpen voorkomen

• **Andrzej Stankiewicz: 'Chemische bedrijven concentreren zich liever op het introduceren van nieuwe producten dan op vernieuwingen in het productieproces.' Op de voorgrond: model van een roervat, variant op een honderden jaren oude technologie.**

FOTO LORAINÉ BODEWES

Niet als een half millennium geleden gebruikt de industrie reactievaten, bakken die in inhoud variëren van één tot honderden kubieke meters. Daarin zit een roerder die via een staaf wordt aangestuurd door een elektromotor. Stankiewicz: "Natuurlijk hebben we tegenwoordig computers. Daarmee kunnen we in detail controleren wat er in het vat gaat en wat eruit komt, maar fundamenteel is er sinds mijn studietijd zo'n 35 jaar geleden niet veel veranderd."

Ook DSM gebruikt deze *stirred tanks* nog volop. Een productielijn die is opgebouwd uit opeenvolgende vaten is flexibel en daarom geschikt voor het maken van veel verschillende chemicaliën gedurende korte periodes. "Onafhankelijk van het recept kun je in een roerpot alles maken", zegt Stankiewicz. "Niet als in de keuken. Belangrijk is ook dat de Food and Drug Administration, de instantie die beslist of medicijnen in Amerika op de markt mogen komen, erg conservatief is. Zij hebben lang alleen producten geaccepteerd die zijn geproduceerd in dit soort stapsgewijze processen, *batches*. Als daarbij iets misgaat kun je de oorsprong van een fout immers relatief makkelijk traceren."

DSM concentreert zich sinds vijf jaar op finchemie (producten die meer dan twee dollar per kilo kosten) en farmaceutische producten. Dat deze kleinschaliger productie minder vervuulend zou zijn is een enorme misvatting, vertelt Stankiewicz. "Natuurlijk gaat het in

de farmacie om hoeveelheden die klein zijn in vergelijking met de bulkchemie, maar mijn Delftse collega Roger Sheldon heeft 15 jaar geleden al een studie gepubliceerd over de hoeveelheid afval per kilogram. Die loopt enorm op bij chemicaliën die, zoals geneesmiddelen, stapsgewijs worden gemaakt in tientallen achtereenvolgende roervaten. De hoeveelheid afval kan oplopen tot honderden kilo's per kilo gewenst product. Zelfs heb ik collega's wel eens over een factor duizend horen spreken. In de regel geldt: hoe geraffineerder het eindproduct, hoe meer afval. Medicijnproducten gebruiken doorgaans de productieprocessen die ook in het laboratorium zijn toegepast, met als enige verschil dat de kolven door grote roervaten worden vervangen."

Stankiewicz betreft de stagnatie in procesinnovatie, omdat de industrie verbeteringen laat liggen die winst kunnen opleveren, economisch en voor het milieu. Bovendien, zegt hij, kan procesintensificatie de veiligheid van chemische fabrieken ten goede komen.

• **Chemische reactor van 65x35x25cm. Voor DSM in Linz maakt deze reactor dit jaar 700.000 kilogram van een grondstof voor onder andere acrylverven en -coatings.**



Ook DSM heeft zijn portie ongelukken gehad. De explosie van een naftakraker in Geleen waarbij in 1975 14 doden vielen, is de grootste. "Dat voorbeeld heeft met procesintensificatie niets te maken", zegt Stankiewicz. "Een naftakraker kunnen we voorlopig niet miniaturiseren."

Anders ligt dat met de giframp in het Indiase Bhopal (1984). Bij deze grootste industriële ramp in de geschiedenis kwamen duizenden mensen om het leven en raakten er honderdduizenden gewond. Op de productielocatie van Union Carbide in Bhopal raakte een tank met methylisocyanaat (een half-fabriek van pesticide) oververhit. De druk in de opslagtank nam toe totdat het giftige gas via een klep of ventiel naar buiten barstte. Volgens Stankiewicz is aangetoond dat met procesintensificatie de voorraad methylisocyanaat had kunnen worden teruggebracht van twee enorme vaten van 41.000 kilogram tot minder dan 10 kilogram. Stankiewicz: "Een Amerikaanse studie heeft laten zien dat tussentijdse opslag van het gif onnodig is als je de geroerde vaten vervangt door een continu proces." De procesintensificatie, zegt Stankiewicz, zoekt naar manieren om belemmeringen rond chemische reacties op te heffen: "Afhankelijk van druk, concentratie en temperatuur kunnen chemische reacties met een bepaalde snelheid verlopen, maar in de praktijk wordt die snelheid niet gehaald. De belangrijkste belemmeringen zijn de toe- en afvoer van chemische stoffen en de toe- en afvoer van warmte. Als bij een reactie zeer veel warmte vrijkomt en je niet in staat bent om deze warmte op tijd af te voeren, dan moet je een reactie afremmen (bijvoorbeeld door langzame dosering). Anders ontstaan problemen zoals in Bhopal."

Wat is, naast de kleine reactoren, de belangrijkste technologie die de efficiëntie van de chemische industrie de komende jaren kan verhogen?

"Ik ben bijzonder geïnteresseerd in de alternatieve energietoeveraar aan chemische reacties, met name de microgolven. Dat is de elektromagnetische straling waarmee magnetronmaaltijden worden opgewarmd. Er zijn honderden wetenschappelijke artikelen die aantonen dat reacties onder invloed van microgolven honderden keren sneller verlopen."

Hoe gaat dat precies in zijn werk?

"Warmteontwikkeling speelt in elk geval een rol. De moleculen van polaire stoffen, moleculen met een scheve verdeling van de lading, gaan trillen in het veld van de microgolven. Met a-polaire stoffen zoals methanol werkt dat niet. Door polaire vloeistoffen met microgolven te verwarmen kun je een snelle reactie bevorderen. Maar het lijkt erop dat er nog meer aan de hand is. De energie van microgolven is onvoldoende om bindingen te breken, maar misschien brengt het elektrische veld een bepaalde structuur in het patroon van botsingen waardoor ze makkelijker reageren. We begrijpen niet waarom microgolven reacties versnellen met ordes van grootte, maar dat hoeft ons niet te weerhouden van de toepassing ervan."

"Bijzonder spannend is in elk geval de combinatie van microgolven met kleine reactoren. Microgolven dringen niet diep in een vloeistof, niet meer dan 1,5 of 2 cm. Dat betekent dat je geen gewone apparaten kunt gebruiken. Reactoren met kleine kanaaltjes zijn juist wel heel geschikt."

De invloed van microgolven op chemische reacties is allang bekend, maar ze worden alleen toegepast in laboratoria. U bent al tien jaar bezig met procesintensificatie. Zal de industrie nu plotseling wél gaan innoveren?

"Ik constateer dat de belangstelling enorm is toegenomen. Niet alleen DSM is ermee bezig, maar ook Shell, Akzo en Unilever. Hetzelfde geldt voor veel Duitse en Amerikaanse bedrijven. Het



ziet er naar uit dat er binnenkort ook vanuit de overheid geld beschikbaar komt voor onderzoeksprogramma's op dit gebied."

"Zelf heb ik contact gelegd met het Amerikaanse CEM Corporation. Dat is 's werelds grootste leverancier van microgolffiguuratuur voor in het laboratorium. Zij willen microgolffreactoren voor de industrie gaan ontwikkelen. Binnen DSM zijn er een aantal productieprocessen die in aanmerking komen voor de toepassing ervan. Welke dat zijn mag ik niet zeggen, maar ik verwacht dat de microgolven binnen een paar jaar in de fabriek zullen toepassen."

DSM doet zelf geheimzinnig over de reactor in Linz. Hoe kunnen chemische bedrijven samenwerken bij het efficiënter maken van hun processen als ze kennis over innovaties niet willen delen?

"Ik ben voorzitter van PIN-NL, een

• **In de chemische industrie is weinig veranderd in vergelijking met het proces dat wordt getoond op deze 450 jaar oude afbeelding, afkomstig uit het boek 'De Re Metallica' van de ingenieur Georgius Agricola. Deze afbeelding toont de winning van goud uit erts waarbij roervaten met kwik worden gebruikt.**

nationaal netwerk voor bedrijven die met procesintensificatie bezig zijn. Een paar jaar geleden hebben we geprobeerd om de kennis te verzamelen die op dit gebied beschikbaar is, maar dat bleek inderdaad heel moeilijk."

"In Europese samenwerkingsprojecten ontstaan problemen als geëxperimenteerd moet worden met een concreet proces. Bedrijven geven daarvoor liever geen openheid. Dat probleem is op te lossen door te werken met een proces dat model staat voor een hele categorie reacties die bijna iedereen uitvoert."