

Roeren in potten en pannen voorbij

Rond procesintensificatie, kortweg PI, hangt een eeuwig aura van nieuw en veelbelovend. Mis. Procesgeïntensiverde apparatuur en toepassingen zijn reeds volop in de markt verkrijgbaar. Technieken die chemische processen anders, sneller en efficiënter doen werken. Vaak is nog onduidelijk voor welk proces welke PI-technologie geschikt is. Nog vaker maakt onbekend onbemind.

"Procesintensificatie is niets nieuws, het bestaat al tientallen jaren", zegt Gerard Peereboom, directeur manufacturing van Chemtura. Hij leidt ons rond op het bedrijfsterrin van het chemiebedrijf in het Amsterdamse Westelijk Havengebied. Op deze locatie maakt het Amerikaanse fijnchemieconcern gewasbeschermingsmiddelen. Een van de plants produceert DBN (dichloorbenzonitril), de actieve stof in de herbiciden die het bedrijf levert. Dat gebeurt in een buizenreactor, waarin een gasvormig mengsel van CO₂, dichloor-tolueen en ammoniak reageert op een temperatuur van 350°C. De Fixed Bed Katalyse, een continuproces met een rendement van 98 procent, dateert al van 1990 en kan als een geslaagd voorbeeld van procesintensificatie gelden. "Maar de techniek staat niet stil en nieuwe procesmogelijkheden doen zich voor", vertelt Peereboom. "Stappen die in het verleden complex waren, kun je nu vereenvoudigen of zelfs elimineren." Het afkoelen van het gasvormige DBN, nodig om een bruikbare

vaste stof te verkrijgen, doet het bedrijf namelijk in een quench-toren met behulp van water. In een tweede en derde stap dikken respectievelijk een bandzeef en een konische droger het product verder in. "Dat kost veel energie en water", legt Peereboom uit. "Het afvalwater moeten we bovendien ingrijpend zuiveren voordat we het mogen lozen." Het bedrijf is nu een aantal alternatieve koelprocedures aan het onderzoeken, waaronder de spinning disc reactor, die het proces verder intensiveren. De processen van Chemtura in Amsterdam zijn sowieso een dankbaar R&D-object. Het vervaardigen van DFBZ (diflubenzuron), een basisstof voor insecticiden, gebeurt in een 5 meter lange dikke dubbelwandige buis die met thermische olie (350 graden) wordt verwarmd. Een dikke as met mengbladen bewerkstelligt in deze drukreactor (8 bar) een halogenenuitwisseling (vandaar de alternatieve naam 'HALEX'-reactor, kort voor HALogene Exchange, voor dit apparaat; toegevoegd fluorzout als drager ruilt de twee chlooratomen in voor twee fluor-



Éénstaps microfractioneringssysteem op labschaal dat wordt doorontwikkeld tot een horizontaal microdestillatiesysteem, dat op termijn energie-surpluse destillatiekolommen kan vervangen.

atomen). "De charme van dit proces is dat we in één keer een eindproduct kunnen maken, wat bijzonder is voor een batchproces. Het materiaal is echter zo agressief dat de reactor in tien jaar tijd is versleten. Deze installatie is uniek, we moeten haar op maat laten maken, wat zo'n anderhalf tot twee miljoen euro kost. Bovendien is het een risicovol proces. Je moet de temperatuur en de druk goed in de gaten houden." Ook voor dit proces onderzoekt Chemtura inmiddels andere technieken. "Procesintensificatie is onontkoombaar",

weet Peereboom, "als we op de lange termijn willen overleven. Zoals we de processen nu hebben ingericht, zijn we meer sophisticated dan China en India. Maar onze voorsprong is betrekkelijk. Het is zaak onze processtappen te blijven vernieuwen."

Trendbreuk

Procesintensificatie heeft vele gedaanten. De een is al tevreden met het vervangen van de internals van een destillatiekolom, de ander houdt niet op totdat hij via nieuwe routes en met nieuwe apparaten nieuwe chemie bedrijft. Anders dan de term 'intensificatie' suggereert, behelst PI geen transitieproces maar een trendbreuk. Het utopisch vergezicht bestaat uit industriële procesefficiency in de overtreffende trap met behulp van innovatieve apparaten en verwerkingsprocedures. Het resultaat is de inzet van minder grondstoffen, minder energie per ton product en minder menskracht, om de toekomstige schaarste aan dit drietal in de toekomst het hoofd te kunnen bieden. Daarbij levert PI minder afval en minder ongewenste bijproducten op en stelt het bedrijven in staat, ook niet onbelangrijk, om hogere marges te maken. Als er op operationele kosten kan worden bespaard, levert dat geld op. Vraag Andrzej Stankiewicz naar de stand van zaken rond PI en het antwoord vliegt alle kanten op. Hoogleraar Intensified Reaction and Separation Systems staat er op zijn visitekaartje. In wetenschappelijke kringen en daarbuiten geldt de Pool van origine als de expert op het vlak van PI.

"In sommige disciplines bevindt PI zich in een embryonaal stadium, in andere vakgebieden wordt het al volop toegepast. Ook de geografische verschillen zijn groot", legt hij uit. Zo kent China al vijftien commerciële toepassingen van high-gravity rotating packed beds voor snelle stofoverdracht in scheidingsprocessen, Europa niet een. Het fabriekscomplex van BASF in Ludwigshafen telt vijftig dividing wall distillation columns, Nederland niet een.

Stankiewicz weet dat bedrijven gewoon praktisch met procesintensificatie geholpen zijn. Voordat hij in 2007 voltijds hoogleraar in Delft werd, werkte Stankiewicz bij DSM waar hij de PI-scan introduceerde. "Deze scan, die we bij een twaalfal fabrieken hebben gedaan, stelde grote kostenbesparingen in het vooruitzicht. De PI-scan is een echte eyeopener. Een wezenlijk aspect van PI is bewustwording." De PI-scan is inmiddels geadopteerd door brancheclub VNCI en bij een veertigtal bedrijven toegepast, waaronder de bedrijven die lid van het Nederlandse Procesintensificatie Netwerk PIN.NL zijn. "Wij zien dat bedrijven op zoek zijn naar praktische toepassingen. Daar ligt de behoefte", vertelt consultant Henk Akse. Hij is coördinator van het PIN.NL netwerk en is gespecialiseerd in verduurzaming in de procesindustrie. "Kennisoverdracht alleen is niet voldoende, het moet een slag concreter." Tijdens een PI-quickscan legt een team van externe experts in vier uur tijd zijn kennis op het vlak van procesintensificatie tegen het productieproces van het bedrijf aan, om samen met een aantal medewerkers te kijken of er raakvlakken zijn. "De scan focust op elementen in het proces die niet goed gaan. Een bedrijf krijgt een advies van vier A4'tjes over wat het proces nodig heeft", zegt Akse die zelf in de afgelopen vier jaar een veertigtal scans heeft uitgevoerd in het gezelschap van een aantal hoogleraren in de procestechnologie.

Een belangrijk effect van de PI-scan, aldus Akse, is dat het bedrijven helpt innovatie te herstarten. "Met ons advies geven we het bedrijf iets in handen om zèlf iets nieuws te bedenken. Dat is erg belangrijk. Bedrijven willen zelf in control zijn. Externe experts zijn pottenkijkers. Als het eigen innovatievermogen zo eenmaal op gang is gekomen, komt het ook niet stil te liggen als wij de



deur uit zijn." Volgens Akse nemen bedrijven korte termijn aanbevelingen snel over en implementeren ze deze zonder moeite in hun proces. Op de middellange termijn is dat moeilijker, omdat ingrepen dan meer van de investeringscyclus van het bedrijf vergen. "Een kosten/batenanalyse is nodig. Toch zie je dat de bedrijven adviezen proberen te valideren in de eigen R&D-processen om te kijken of het werkt." Bij Chemtura zijn drie PI-scans uitgevoerd, twee quickscans op de bestaande processen en een in-depth scan op een nieuw proces, waar Peereboom nog niet veel over kwijt wil. De Chemtura-directeur is niet ontevreden. "Kennis opdoen van nieuwe technieken is slechts de eerste stap. Je moet in de praktijk toetsen of de toepassing geschikt is voor jouw proces. We hebben veel geleerd van het doorlichten van onze processen. Out of the box-denken werkt inspirerend. Onze medewerkers waren enthousiast", blikt hij terug. "Het ideaal is dat je met een pilotplant redelijke productievolumes kunt realiseren. Dan zouden we met een klein aantal units de huidige procesinstallatie kunnen vervangen, wat ons ook flexibeler zou maken. De drukreactor met zijn tergend trage mengproces is toch een soort dinosaurus. Die hebben niet het eeuwige leven, leert de geschiedenis."

Horde

Bij TNO in Delft krijgen we meteen een witte jas aan om rondgeleid te worden in het lab. Martijn de Graaff, business development manager, laat een kleinschalige pilotinstallatie zien waarin de PI-reactoren worden getest. "Op kleine schaal kunnen we hier testen of bepaalde chemische processen geschikt zijn voor intensificatie." Volgens de TNO-man is het bij PI niet de technologie-

Pilotplant van een Hydraulische Was Kolom voor het ultra-zuiveren van chemicaliën met gebruik van zeer weinig energie en afvalproductie.

Het principe van procesintensificatie

Je stopt twee vloeistoffen in een vat en je blijft maar roeren tot de gewenste chemische reactie plaatsvindt. Af en toe een beetje koelen of verwarmen. Net zoals het koken thuis in een pan op het fornuis. Dat is in een notendop het klassieke batchproces. Zo wordt al eeuwen chemie bedreven. Een tijdrovend proces met veel ongewenste bijproducten, als er bijvoorbeeld geen goede menging plaatsvindt of temperaturen te hoog oplopen of juist niet. In een procesgeïntensiverde continu flowreactor komen grondstoffen via buizen of kleine kanalen bij elkaar en reageren deze met elkaar terwijl ze door de reactor stromen. Daardoor vindt een efficiëntere menging plaats. Het proces is beter te sturen. Stoffen vinden elkaar sneller dan in een groot vat. Ook is er minder energie en zijn er minder grondstoffen nodig. Dat is goed voor het milieu maar ook voor de bedrijfsportemonnee. Daarnaast zijn

hoge temperaturen mogelijk, omdat de buizen snel afkoelen. Chemische stoffen kunnen op heel andere temperaturen worden verhit, wat andere producten en een geheel nieuwe chemie op kan leveren. Ook procesintensificatie met behulp van externe energievelden zoals microgolven, het onderzoeksthema van Andrzej Stankiewicz, is mogelijk. Niet zoals thuis, waar in de magnetron producten in hun geheel worden opgewarmd, geven PI-microgolven aan moleculen de exact juiste dosering energie om hun werk te doen. Alleen de moleculen die je wilt laten reageren, worden gepositioneerd. De uitdaging is er op moleculair niveau voor te zorgen dat chemische reacties perfect verlopen, maar tegelijk de gewenste productievolumes halen. En dat tegen een goede prijs/kwaliteitverhouding. De businesscase moet natuurlijk kloppend zijn.

PROCESINTENSIFICATIE Roeren in potten en pannen voorbij



De drukreactor van de DFBN-plant van Chemtura. Blauw is de aandrijfmotor en tandwielkast voor de mengas. Op de achtergrond de horizontale buisvormige reactor.

ontwikkeling waar het aan schort. "De stap voor bedrijven om een productieproces om te gooien is juist de grootste horde", bevestigt hij, "investeringen waar al heel snel miljoenen euro's mee gemoeid zijn. Voor kleine bedrijven is dat helemaal lastig. De markt is leidend, dus een investering moet zo snel mogelijk worden terugverdiend. Vaak is er veel weerstand in het bedrijf zelf. Bedrijven werken al jaren met dezelfde vertrouwde technieken. Waarom

zouden we het anders doen, redeneren medewerkers dan. Je moet mensen ervan overtuigen dat de PI-technologie werkt. Hoe doe je dat? Door te laten zien dat de technologie werkt op een schaal die interessant voor ze is, hooguit tien tot honderd keer kleiner dan op praktijkschaal." Daarnaast, stelt De Graaff, is nog onvoldoende bekend welke PI-technologie voor welk chemisch proces geschikt is. "Inderdaad is veel PI-apparatuur commercieel beschikbaar, maar vaak komt deze uit andere vakgebieden. De statische menger wordt veel gebruikt in de food. Wil dat zeggen dat hij automatisch geschikt is voor de chemie? Een leverancier zal snel zeggen: ja hoor, dat kan. Het zou ook kunnen, maar voor welke processen precies weet je niet." Het probleem is, vult PI-expert Stankiewicz aan, dat er geen standaard handboek is dat je vertelt voor welk proces je welke PI-techniek moet gebruiken. "Deze kennis zit verspreid in de hoofden van veel mensen. Bij DSM loopt bijvoorbeeld één PI-competence manager rond, een soort wandelende encyclopedie op dit gebied." Juist de angst om deze kennis te verliezen, staat

de komst van een dergelijk standaardwerk in de weg, aldus Stankiewicz.

Cases

Hoe het ook zij, het vraagstuk wordt opgepakt in het R&D-project CoRIAC, dat TNO coördineert in het kader van het 'Action Plan Process Intensification'. In dit twee jaar oude gestarte programma van overheid en procesindustrie (budget: 14 miljoen euro) lopen vier grote onderzoeksprojecten. CoRIAC is het grootste project qua financiering (5 miljoen euro) en aantal deelnemers. De letters staan voor COntinuous Reactions Inline Analysis for Chemical Production. DSM, Janssen Pharmaceuticals en Procter & Gamble brengen cases in met chemische processen die zij verbeterd willen zien. Vervolgens wordt bekeken welke PI-apparatuur hierbij past. Deelnemende leveranciers aan het consortium zijn Chemtrix (glazen microreactoren), het Duitse ESK (siliciumcarbide warmtewisselaars/reactoren) en TNO zelf met zijn Helix buizenreactor. Ook statische mixers doen mee aan het onderzoek. Derde partij in het consortium zijn de meet- en instru-



De DBN-plant bij Chemtura.

mentatieleveranciers. "Een van de randvoorwaarden van een continuproces is dat je weet wat er gebeurt. Daarom moet je tijdens het proces, dus inline, meten", verklaart De Graaff de 'I' in CoRIAC. Van de partij zijn Bronkhorst High-Tech (flowmeters) en Mettler Toledo, specialist in infrarood spectroscopische analyse. Doel van het onderzoeksproject is de juiste reactor aan de juiste case te koppelen. "Op pilotschaal willen we de processen identificeren die voor intensificatie in aanmerking komen", legt De Graaff uit, "los

nog van de vraag welke procesgeïntensifieerde technologie voor deze processen geschikt is." Dat klinkt nog erg vaag, maar De Graaff kan niet uitweiden over de chemische processen die de deelnemende procesbedrijven aanreiken voor het onderzoek. "Daar rust een geheimhoudingsplicht op, een basisvoorwaarde voor deze bedrijven om mee te doen. Uiteindelijk worden de resultaten van het project wel publiek, maar de details van het proces zullen we niet prijsgeven. Dat hoeft ook niet. Het is voldoende om te kunnen zeggen voor



Close-up van de buizenreactor van de DBN-fabriek. In deze reactor bevinden zich 1600 verticale pijpjes van 3 m en een diameter van 2,5 cm, gevuld met katalysator.

welk chemisch cluster een PI-reactor geschikt is, niet voor welk specifiek proces." Het is de bedoeling dat het project in 2013 een multi-purpose demo-installatie oplevert, dus een installatie waarin meerdere reactoren getest kunnen worden. "De kosten voor randapparatuur zijn te hoog om per reactor een demo-plant te bouwen. Deze installatie willen we bij de bedrijven zelf in werking laten zien om operators, managers en anderen te overtuigen dat de techniek werkt. Het draait tenslotte om de link met de werkvloer." ■

(advertentie)



FOCUS OP DEBIETMETING



VERNIEUWDE THERMATEL® TA2 MODEL

Het vernieuwde Thermatel® Model TA2 meet rechtstreeks massadebiet waarbij geen druk- of temperatuurscompensatie nodig is. Het nieuwe design kan zowel zeer laag debiet als hogere snelheden meten. De vernieuwde TA2 wordt vanaf de fabriek geconfigureerd voor 1 of 2 gassen of 2 verschillende bereiken en aanvaardt alle standaard spanningen. De TA2 kan na installatie direct, zonder afregeling, gebruikt worden. De TA2 kan zo gebruikt worden of met PACTware™ and HART®.

