

Wetenschap of empirie?

Het vakgebied solids processing houdt zich bezig met het bewerken/verwerken van verzamelingen van deeltjes vaste stof in vele mogelijke toepassingsgebieden. De vaste stofdeeltjes in deze verzamelingen zullen over het algemeen onderling contact hebben, en soms ook in contact staan met een (al dan niet ermee reagerend) gas of vloeistof.

Ir. G Haaker

De deeltjesverzamelingen waar het bij Solids Processing omdraait, worden in de praktijk vaak op diverse manieren aangeduid. Als stortgoed, bulkgoed, bulk solids, poeders, granulaten, en nog vele andere benamingen. Het gaat hier dan natuurlijk niet om de elementaire deeltjes uit de fysica, noch om de zeer kleine deeltjes uit de nanotechnologie.

Vele takken van industrie krijgen te maken met zeer grote hoeveelheden bulkgoederen als grondstoffen, halffabrikaten en eindproducten. Daarnaast neemt de variëteit aan bulkgoederen nog steeds toe door de ontwikkeling van nieuwe producten en/of productieprocessen. Bovendien leiden de bewerkingen, het transport en de opslag van bulkgoederen in de praktijk nog dagelijks tot problemen. Want de hier bedoelde stoffen zullen moeten worden aangevoerd, opgeslagen, bewerkt, (tussen)opgeslagen, weer bewerkt, opgeslagen, en verpakt, verzakt of als bulkgoed weer moeten afgevoerd. Reden genoeg voor de Nederlandse

industrie om wat elementaire kennis te vergaren over de werking van die deeltjes vaste stof.

Basisbewerkingen

Elk proces vormt een aaneenschakeling van een aantal standaardbewerkingen (zogenaamde unit-operations), meestal verbonden door een transport- en opslagsysteem. Waarbij de laatste twee in feite ook een standaardbewerking vormen. Solids processing richt zich op mechanische bewerkingen van fijn verdeelde vaste stoffen, al of niet in contact met gas of vloeistof. De unit-operations bestaan uit bewerkingen als malen, breken, agglomereren, scheidingsstappen als filteren, centrifugeren, verdere processtappen als mengen, drogen en hulpstappen als fluïdiseren. Solids processing speelt een belangrijke rol in de (petro-)chemische industrie, de farmaceutische industrie, bij de (vee-)voedingsmiddelensector, de vuilverwerking en recycling, de grondstoffenwinning, de bouw en bij energieopwekking (zie ook figuur 1).

Hoewel deze industrieën naar aard en werkwijze zeer verschillend kunnen zijn, maken ze in feite gebruik van de dezelfde basisbewerkingen. De basisprincipes van de unit-operations verschillen niet veel per industrie, maar de procesomstandigheden kunnen wel afwijken. Dit impliceert dat voor een unit-operation meestal meerdere technische mogelijkheden (en

dus apparatuur) ter beschikking staan. De keuze voor een bepaalde oplossing hangt af van de procesomstandigheden, zoals bijvoorbeeld temperatuur, druk, schaalgrootte of snelheden.

Hoewel de meeste unit-operations zijn gebaseerd op principes en technieken die hun bruikbaarheid veelvuldig in de praktijk bewezen, vindt een continue ontwikkeling plaats naar betere en beter te voorspellen toepassingen. Nieuwe impulsen voor ontwikkeling en onderzoek zijn voornamelijk gebaseerd op zowel economische als milieuovertuigingen. Meestal met het doel te komen tot procesoptimalisatie ten aanzien van energie- en grondstoffenverbruik en vermindering van afval en milieubelasting. Ongetwijfeld zullen ook in dit tijdschrift deze ontwikkelingen geregeld aan de orde komen.

Een lastig proces

Een onderzoek door het US Department of Energy en The Rank Corporation toonde aan dat de efficiency en betrouwbaarheid van bulk-solidsprocessen veel lager ligt dan bij gasen of vloeistoffen het geval is. De reden hiervoor is tweeledig. Bij gasen en vloeistoffen draait het in de meeste situaties om slechts een beperkt aantal parameters die het proces beïnvloeden. Wanneer gegevens over dichtheid, viscositeit en de invloed van bijvoorbeeld druk en temperatuur hierop bekend zijn, is het gedrag goed te voorspellen. Deze gegevens zijn bovendien voor de meeste stoffen wel beschikbaar.

In het geval van een bulk solid zijn er veel meer parameters die een rol (kunnen) spelen.

Voor de deeltjes afzonderlijk zijn dit onder andere de deeltjesmassa, de vorm, oppervlaktegesteldheid en afmetingen. Deze spelen een rol bij processen als sedimentatie, deeltjes/gas scheiding en fluïdisatie. Voor deeltjes in de bulkmassa komen hier nog bij de deeltjesgrootteverdeling, de stapelingsdichtheid, inwendige wrijving en wandwrijving, cohesie, adhesie en abrasiviteit. Vooral bij processen als opslag en transport spelen deze eigenschappen een rol.

Voeg daarbij de instabiliteit van genoemde eigenschappen die mede afhangt van procesomstandigheden als druk, temperatuur, snelheden, aanwezigheid van vocht, en de

tijd. Een bekend voorbeeld van de invloed van vocht zien we aan het strand waar droog zand geen vorm bezit maar waar met nat zand mooie vormvaste kastelen verschijnen.

Ook het veranderen van de eigenschappen van een bulkmassa tijdens een proces kunnen complicaties veroorzaken. Naast een mogelijke verandering van het vochtgehalte kunnen door ontmenging en/of slijtage of breuk ook de deeltjesgrootte en -verdeling wijzigen, daarmee andere parameters beïnvloedend.

Ondanks de grote verschillen met een vloeistof wordt het toch vaak hiermee vergeleken. In beide gevallen gaat het immers toch vaak om het stromen van materiaal. Toch zijn de verschillen veel groter dan deze schijnbare overeenkomst. Een kenmerkend verschil geeft figuur 2, waar de verticale druk σ_v en de druk op de wand σ_h zijn aangegeven voor respectievelijk een vloeistof en een bulk solid in een cilinder. De druk in de vloeistof neemt lineair met de diepte toe, en de verticale druk is steeds gelijk aan de wanddruk. Bij de bulk neemt de druk steeds minder toe met de diepte, en op den duur nagenoeg helemaal niet meer. Bovendien is de druk op de wand beduidend kleiner dan de verticale druk. De reden ligt in de wrijving op de wand waardoor een deel van het bulkgewicht (ook in rust) door de wand wordt opgeno-



men. Het verschil tussen verticale druk en wanddruk wordt veroorzaakt door de inwendige wrijving van het materiaal (en in geringe mate ook door de wandwrijving).

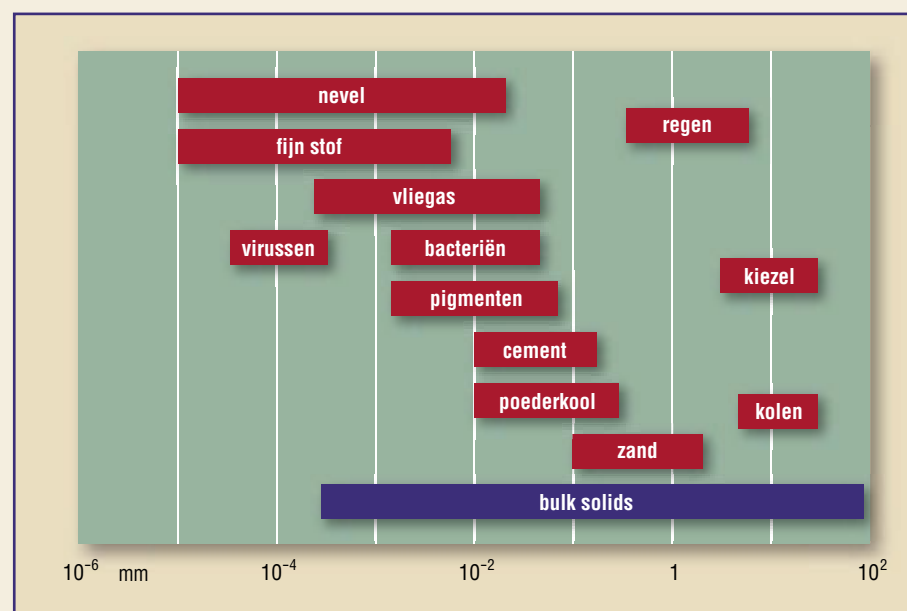
De huidige praktijk

Binnen het vakgebied kwam in de loop der tijd veel inzicht tot stand waarmee het gedrag van bulk solids kan worden verklaard en voorspeld. Het gaat dan meestal om het bezwijkgedrag van het product, dus de condities waaronder vervorming (of stroming) zich manifesteert. Apparatuur om dit gedrag zelf, of de grootheden die hierbij een rol spelen te meten, werd ontworpen en voorzien van de bijbehorende meetprocedures.

Helaas bestaan er, in tegenstelling tot sommige veronderstellingen, nog steeds geen tabellen of handboeken waar de relevante eigenschappen in staan van een willekeurig op te slaan of te transporteren

product. Het ontwerpen van een hulpmiddel voor die bewerkingen blijft dus elke keer weer maatwerk en vergt een ontwerp toegesneden op de eigenschappen van het onderhavige product. Dit houdt in dat elk materiaal weer nieuwe metingen vergt, en dan onder de condities die ook in het te ontwerpen apparaat worden verwacht. Uit bovenstaande mag duidelijk zijn dat het vakgebied in de loop der tijd een redelijke, wetenschappelijke onderbouwing heeft gekregen op basis waarvan het gedrag in grote lijn kan worden voorspeld en begrepen. Maar de praktische toepassing kan niet zonder gegevens die empirisch moeten worden bepaald. Deze combinatie maakt het vakgebied lastig en vraagt vaak ook om wat 'boerenverstand'. Aan de andere kant vormt dat juist de uitdaging en maakt het voor ons interessant. Het moet ons wakker houden, maar hopelijk niet uit de slaap. ■

Figuur 1. De schaalgrootte van het bulk-solidsgebied.



Figuur 2. Het verloop van de verticale (σ_v) en horizontale (σ_h) druk bij de opslag van een vloeistof, respectievelijk een stortgoed in een cilinder.

