

Karakterisering stortgoed voor silo-opslag

Tijdens de Silodag op 5 februari 2015 in Zandvliet (België) bleek dat er een scala aan mogelijkheden bestaat om te onderzoeken of een bulkmateriaal geschikt is voor opslag in silo's. Op basis van een gedegen onderzoek van een materiaal kan worden bepaald aan welke voorwaarden een opslaginstallatie moet voldoen om het materiaal probleemloos uit een silo te onttrekken.

Stromingseigenschappen van poeders in silo's hangen af van omgevingsfactoren en van de eigenschappen van het poeder. Een belangrijke eigenschap van het poeder is de deeltjesgrootte. In één en dezelfde silo kunnen aluminiumoxide-deeltjes van 100 micrometer moeiteloos uitstromen, terwijl bij het uitstromen van aluminiumoxide-deeltjes van 50 micrometer direct brugvorming optreedt. Deze productbruggen zijn zodanig stabiel dat de uitstroming stagneert. De reden voor dit gedrag is dat de kleinere deeltjes een

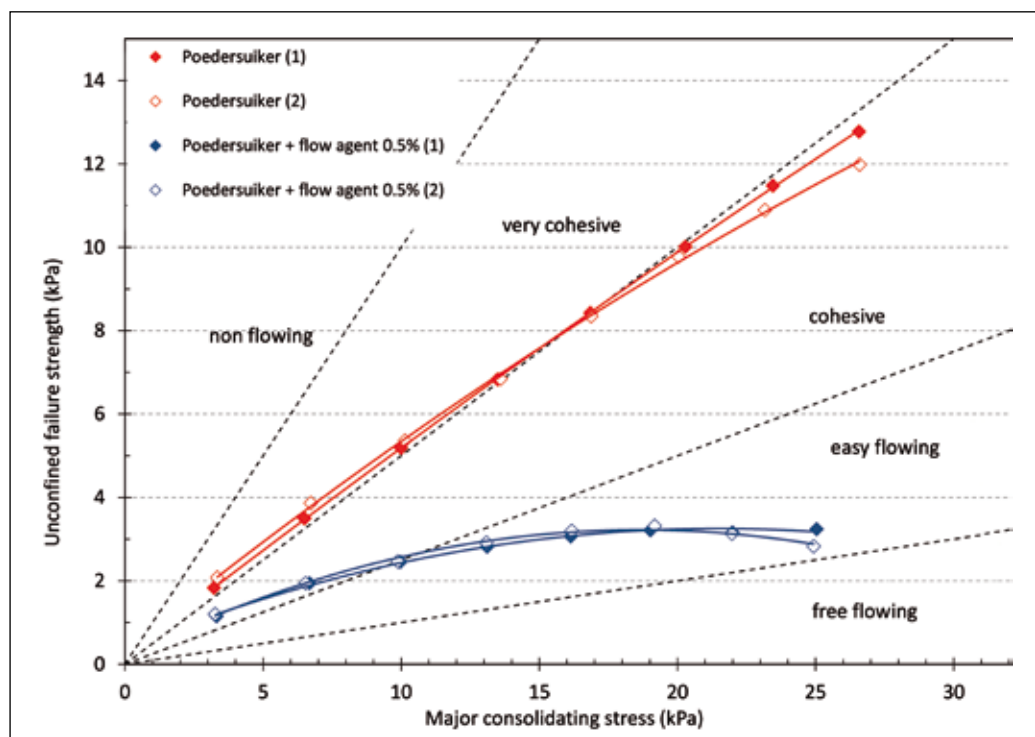
grotere cohesie hebben, waardoor ze niet meer vrijstromend zijn. Om het stromingsgedrag te verbeteren, kan men aan het cohesieve poeder een 'flowing agent' toevoegen. Dit is een inert, zeer fijn poeder dat zich na menging om de aluminiumoxide-deeltjes verdeelt. Het fijne poeder fungeert als een glijmiddel ('kogellagers'), waardoor het materiaal alsnog uitstroomt. Een gehalte van enkele tienden van procenten aan flowing agent is reeds voldoende om het stromingsgedrag van het product sterk te verbeteren.

Flow-functie

Het uitstroombegedrag van poeders kan ook meer kwantitatief in kaart worden gebracht en zelfs worden voorspeld door de afschuifkrachten te bepalen met behulp van een shear stress-onderzoek. Hierbij wordt de wrijving in het poeder gemeten bij verschillende consolidatiedrukken, overeenkomend met de situatie in de silo. Uit deze metingen kan vervolgens een flow-functie worden geconstrueerd. Grafiek 1 toont voorbeelden van de flow-functies van poedersuiker. Dit product is in pure vorm sterk cohesief. Na toevoeging van een flowing agent veranderen de flow-functies drastisch. Het slecht stromende poeder is easy-flowing geworden.

Silo-ontwerp

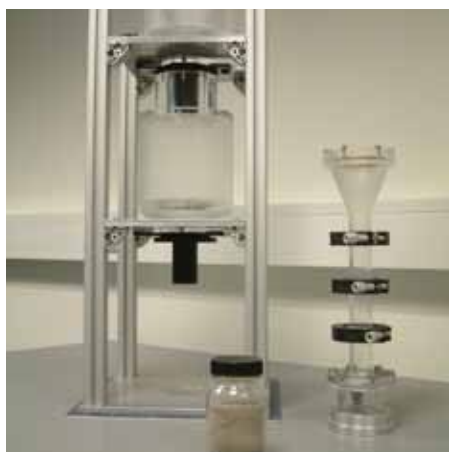
Uiteraard kan er ook bij het ontwerp van een productieproces al worden nagedacht over de meest optimale geometrie



Grafiek 1 Voorbeelden van de flow-functies van poedersuiker met en zonder flowing agent



Afb. 1 Het laboratorium voor poederonderzoek bij Delft Solids Solutions

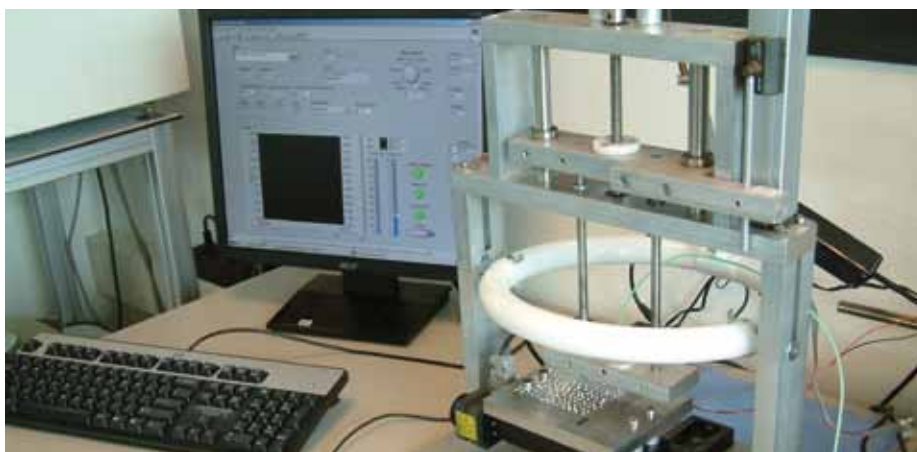


Afb. 2 Een testopstelling voor het onderzoek naar de segregatie van poeders

van een opslagsilo en het beste constructiemateriaal dat voor de silo kan worden ingezet (kunststof, staal of aluminium). Bij de diverse analyses van het stortgoed kan dan, naast bijvoorbeeld de stortdichtheid, ook de wandwrijving in de silo worden meegenomen. Deze aanpak leidt tot een silo-ontwerp waarbij de uitstroombopening en hopperhoek volledig zijn afgestemd op het betreffende stortgoed, zodat een vlotte uitstroming is gewaarborgd. Overigens worden de genoemde analyses ook uitgevoerd om problemen bij in bedrijf zijnde systemen te onderzoeken en daarvoor oplossingen aan te dragen.

Ontmenging

Poedermengsels kunnen bij het opslaan en weer uitdragen segregeren, waardoor veel kwaliteitsverlies kan optreden. De oorzaak van ontmenging is dat grote en kleine deeltjes, lichte en zware deeltjes en deeltjes met verschillende vormen zich tijdens de manipulatie van het mengsel verschillend gedragen. Segregatie treedt het sterkst op bij vrijstromende producten. Er zijn verschillende onderzoeksmethoden die inzichtelijk kunnen maken in hoeverre een bepaald product bij een bepaalde bewerking gevoelig is voor segregatie. Enkele technieken die hierbij worden toegepast, zijn 'fluidisatie' (het inblazen van lucht aan de onderzijde van een container met poeder) en 'sifting' (het laten leeglopen van een hopper). Dit onderzoek maakt het mogelijk om – liefst in een zo vroeg mogelijk stadium – in te grijpen in de formulering van het mengsel. Men kan echter ook achteraf maatregelen nemen om het product minder gevoelig voor segregatie te maken. Hierbij



Afb. 3 De Robotic Compression Tester waarmee de breeksterkte (hardheid) van fijne poeders kan worden gekwantificeerd

valt bijvoorbeeld te denken aan het toevoegen van additieven om het product cohesiever te maken.

Slijtgedrag

Deeltjes worden tijdens een productieproces aan allerlei krachten blootgesteld en kunnen daarbij soms behoorlijk beschadigen. Van de scherpe randjes van deeltjes kunnen stukjes afbrokkelen (attritie), maar deeltjes kunnen ook door het schuren langs een wand (abrasie) kwaliteitsverlies lijden. Grillig gevormde deeltjes worden veelal rond maar kunnen ook geheel breken. Er is voldoende commerciële apparatuur op de markt om het breekgedrag van deeltjes van 5 mm en groter (zoals extrudaten en tabletten) te onderzoeken, maar dit ligt anders als het gaat om deeltjes van enkele millimeters of zelfs kleiner dan een millimeter. Delft Solids Solutions in Wateringen heeft echter een Robotic Compression Tester in ontwikkeling waarmee de elastische en plastische vervorming en uiteindelijk de breeksterkte (hardheid) van kleinere deeltjes wél kunnen worden onderzocht en gekwantificeerd. Daarnaast beschikt men over een techniek om het slijtgedrag van deeltjes in bulk (de Bulk Crushing Strength) te onderzoeken. Hierbij worden de deeltjes in een gepakt bed aan verschillende krachten onderworpen, waarbij de veranderende producteigenschappen worden gemeten.

Stofvorming

Bij de slijtage van deeltjes komt vaak stof vrij en dat is meestal een even ongewenst verschijnsel als de intrinsieke aanwezigheid van stof in het product. Er zijn diverse meetmethoden die, in overeen-

stemming met Europese richtlijnen, de stoffigheid van producten kwantificeren. Daarbij kan zelfs de vertaling worden gemaakt naar een mogelijk risico voor gezondheid, veiligheid en milieu. Hiertoe wordt het stof vrijgemaakt en opgevangen in speciaal ontworpen filters die het ademhalingsstelsel nabootsen. Het is dan mogelijk om de inhaleerbare fractie, de thoracale fractie en de respirabele fractie vast te stellen. Het vrijmaken van dit zogeheten luchtgedragen stof gebeurt in een roterende trommel (simulatie van de handling van het product), of door het product gecontroleerd te laten vallen (simulatie van het storten van een product).

Caking

Het komt regelmatig voor dat een vrijstromend poeder in bigbags wordt opgeslagen, en dat dit poeder tijdens transport of na verloop van tijd verhardt tot klonten. Het product kan onder zijn eigen gewicht compacteren en/of consolideren. Het legen van de bigbag levert dan problemen op. Dit fenomeen heet ook wel caking. De condities waaronder caking optreedt, kunnen worden onderzocht met behulp van de 'uni-axiaal compact strength'-test. Een vaste hoeveelheid poeder/product wordt hierbij gecompacteerd bij verschillende drukken, overeenkomend met de drukken in één of meer bigbags (om ook de stapeling van bigbags in rekening te brengen). Vervolgens wordt de kracht bepaald die nodig is om het poeder weer in beweging te krijgen. Zo kan ook een eventueel caking-gedrag in bigbags worden voorspeld. **BULK**

Johan Groen, technisch directeur Delft Solids Solutions