

Ontmenging: veel haken en ogen (1)

Gedrag van producten, mechanismen achter ontmenging

Als monsters genomen uit één partij een verschillende samenstelling hebben, is sprake van segregatie ofwel ontmenging. De monsters kunnen verschillen op grond van de aanwezige componenten (onderscheiden producten) of de aanwezige fracties (onderscheiden deeltjesgroottes). Ontmenging betekent dat de eigenschappen van een partij stortgoed niet meer op elke plaats constant zijn, waardoor een kwaliteitsverlies optreedt. Bij het bestrijden van ontmenging komen veel aspecten aan de orde.

door: ir. P.J. van der Kooi

In dit artikel worden algemene invloeden en aspecten van ontmenging behandeld. In artikel 2 komen de aspecten aan bod die specifiek met opslag en stroming in de silo te maken hebben.

Globale indeling

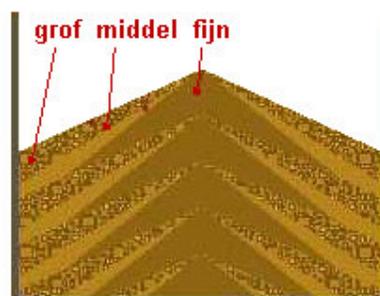
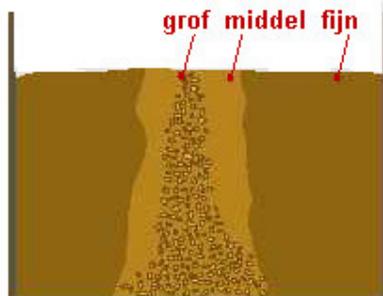
Bij mengsels van identieke deeltjes kan per definitie geen ontmenging optreden. Ontmenging is een gevolg van het verschil in eigenschappen van de verschillende componenten of fracties in een mengsel. Het kan worden veroorzaakt door diverse mechanismen, waarbij ook de procesvoering een belangrijke rol speelt. Ontmenging kan optreden op verschillende plaatsen in een installatie.

Met het oog op ontmenging kunnen mengsels globaal in twee groepen worden ingedeeld:

- stoffige mengsels en
- niet-stoffige mengsels.

Stoffige mengsels gedragen zich bij ontmenging heel anders dan niet-stoffige mengsels. Bij het storten van een stoffig mengsel in een silo (bijvoorbeeld zand en cement) komen de grote deeltjes relatief snel tot stilstand, terwijl de kleine deeltjes ('fines') nadwarrelen. Onder het stortpunt zal zich een overmaat grote deeltjes vormen (hiernaast, boven). Bij de ontmenging van stoffige mengsels speelt de beluchting - en meer in het algemeen de invloed van luchtstromen - een belangrijke rol.

Bij het storten van een niet-stoffig mengsel, bijvoorbeeld zand, bewegen de grotere deeltjes sneller en langer dan de kleine. Dan ligt onder het stortpunt een overmaat kleine deeltjes.



Korrelgrootte

Beluchting is slechts één van de factoren die op de ontmenging van invloed kan zijn. Van grotere betekenis zijn met name de fysische eigenschappen van de deeltjes (populatie), de krachten die op de deeltjes werken en de toestand waarin het product zich bevindt. Concreet kan men daarbij denken aan onder andere:

gemiddelde korrelgrootte korrelgrootte-verdeling korrel- en bulkdichtheid vorm en oppervlak van het deeltje elasticiteit (of brosheid) van het deeltje cohesie- en adhesie-eigenschappen inwendige wrijving en wandwrijving gevoeligheid voor temperatuur, vocht en elektrostatische oplading

Sommige van de genoemde eigenschappen beïnvloeden de krachten die werken tussen de deeltjes.

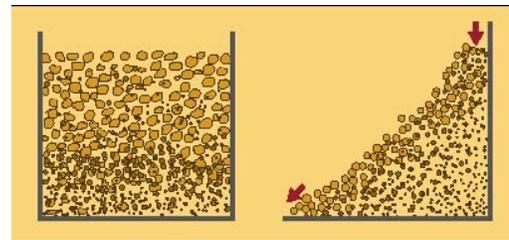
Hoe groter deze krachten, des te moeilijker bewegen de deeltjes en des te minder zal ontmenging optreden. Sommige eigenschappen echter bevorderen de onderlinge beweging van de deeltjes. Dan geldt: hoe meer beweging, des te meer ontmenging. Inzicht in deze eigenschappen maakt het mogelijk ontmenging beter te beheersen. In de praktijk blijkt het verschil in korrelgrootte verreweg de belangrijkste parameter, verschillen in dichtheid en vorm zijn relatief onbelangrijk. Ontmenging treedt sneller op naarmate de deeltjes makkelijker kunnen bewegen (lage inwendige wrijving, weinig cohesie) en de onderlinge verschillen in grootte, vorm en gewicht groter zijn.

Ontmeng-mechanismen

Percolatie, ziften

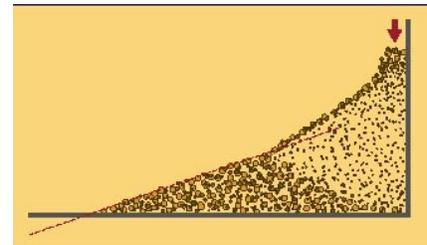
Bij de segregatie van mengsels zijn diverse mechanismen te onderscheiden. Zo kan bij een verschil in deeltjesgrootte percolatie optreden. Dit betekent dat in een statische partij stortgoed de fines tussen de grotere deeltjes een weg naar beneden vinden.

Wanneer de partij in beweging is, wordt dit type ontmenging ook wel aangeduid met de term 'ziften'



Storhoekverschil

Ontmenging kan optreden als gevolg van een storhoek-verschil tussen de verschillende componenten of fracties. Het materiaal met de grootste storhoek blijft het dichtst bij het stortpunt liggen.

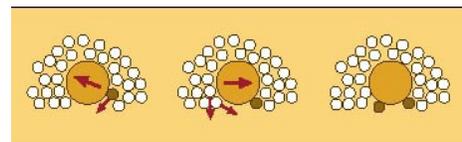


Dichtheidverschil

Soms is de drijvende kracht achter segregatie een verschil in dichtheid. De zwaardere deeltjes 'zinken', terwijl de lichtere omhoog 'drijven'. Dit mechanisme is slechts mogelijk als de deeltjes een grote bewegingsvrijheid hebben.

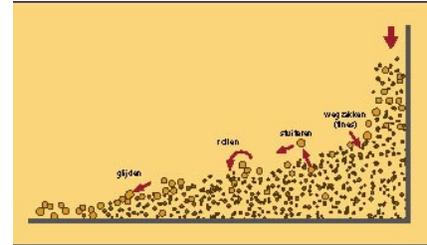
Wigwerking

Het kan echter ook gebeuren dat de fines de grotere deeltjes naar boven werken. Men spreekt dan van wigwerking of opstuwten. Dit gebeurt alleen in mengsels of producten waar relatief veel fines aanwezig zijn. Het bed van fines moet sterk genoeg zijn om de grotere deeltjes te dragen. Voorts is enige productbeweging, bijvoorbeeld trilling, noodzakelijk.



Dynamisch gedrag

Segregatie kan ook optreden als gevolg van het dynamisch gedrag van deeltjes. Wanneer onder een stortpunt (door ziften) een relatief dichte laag fines is gevormd, zullen de zwaardere en meer elastische deeltjes nog verder rollen en stuiteren. Fines worden 'gevangen' tussen de grotere deeltjes nabij het stortpunt ('insluiting'). Afhankelijk van de richting van storten en de vrijheid van glijden zullen verschillende profielen ontstaan. 'Lawines' leiden tot nog meer grotere deeltjes aan de buitenkant.



Wegwaaien

Een ander mechanisme is het 'wegwaaien' van de fines onder invloed van een luchtstroom op een materiaalstroom.

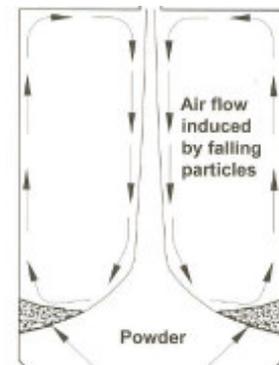
Attritie

Attritie (productbreuk) is niet echt een ontmenging-mechanisme, maar het leidt tot meer fines waardoor de verschillende typen ontmenging wel worden beïnvloed.

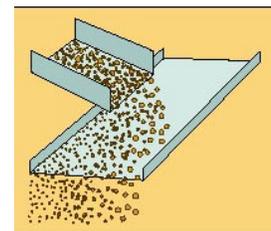
Installatie

In een opslag- en transportinstallatie kan op diverse plaatsen ontmenging optreden.

Bij een vrije val van het stortgoed wordt vooral de buitenzijde van de productstroom door de luchtstroom beïnvloed.



Bij glijgoten en overstortpunten speelt bovendien de wandwrijving een rol. Zoals uit de diverse mengmechanismen blijkt, zal ook bij het storten van materiaal op een berg product segregatie ontstaan. Hetzelfde geldt voor het beluchting van een product, omdat daardoor de bewegingsvrijheid van de deeltjes toeneemt.



Afschuifvlakken in apparatuur (bijv. een kettingtransporteur) of willekeurig gevormd (bijv. in een silo) kunnen aanleiding geven tot segregatie. In silo's hangt ontmenging samen met het stromingspatroon en de wijze waarop het product in de silo aanwezig is. Daarmee heeft de vorm en het gebruik van de silo invloed op het optreden en de omvang van ontmenging. Bij bandtransport treedt door de beweging van de band over de draagrollen een trilling op die de percolatie van fines bevordert. Bij het afstorten kan het 'plakken' aan de band er toe leiden dat de fines een ander afstort-traject volgen.

Procesvoering

Ook de procesvoering en procescondities zijn van invloed op ontmenging. Van de verschillende (versnellings)krachten die bij ontmenging een rol spelen is de zwaartekracht in veel mechanismen de belangrijkste. Maar ook de temperatuur, de luchtvochtigheid en het vochtgehalte zijn van belang. Deze factoren hebben invloed op de eigenschappen van de deeltjes en daarmee op ontmenging. Zo is de temperatuur bepalend voor de viscositeit van de lucht in het stortgoed. Dit heeft weer gevolgen voor de ontluchtingssnelheid van het materiaal en - in het verlengde daarvan - het optreden van segregatie. Bij 'stoffige' producten kan een verlaagde omgevingsdruk het product luchtiger maken, waardoor ontmenging makkelijker optreedt. Trillingen vergroten de bewegingsvrijheid van de deeltjes, wat bij ontmenging-mechanismen een belangrijke factor is. Bij matige trilling zal percolatie optreden, waardoor de fines onderin komen. Hevige trilling kan fluïdisatie veroorzaken, waardoor juist de grotere of zwaardere deeltjes zinken. Ook moet men er mee rekening houden dat kleine productstromen (een lage capaciteit, debiet of flow rate) gevoeliger zijn voor segregatie dan grote batches. Anderzijds: om een poeder te laten stromen moet het (iets) belucht zijn. Bij grotere capaciteiten kan de benodigde lucht ontmenging veroorzaken.

Remedie

Omdat bij ontmenging veel invloeden en mechanismen zijn te onderscheiden, is ook een uitgebreid arsenaal methoden beschikbaar om ontmenging te voorkomen of te bestrijden.

De remedie kan zich richten op de:

Ten aanzien van de producteigenschappen is het mogelijk ontmenging te beperken door de verschillen in deeltjesgrootte te verkleinen, bijvoorbeeld door fines te verwijderen of attritie te voorkomen. Soms kan de vorm van de deeltjes zodanig worden gewijzigd dat ze minder makkelijk stromen. Voorts kan het helpen om de verhouding tussen grotere en kleinere deeltjes te wijzigen. Een bekende methode om segregatie te bestrijden is het toevoegen van wat vocht of een andere binder. De oplossing kan ook worden gevonden in een wijziging van de omgevingscondities (met name de temperatuur en/of luchtvochtigheid).

Een installatie kan zodanig worden aangepast dat het product niet meer bewegingsvrijheid krijgt dan noodzakelijk is. De vrije-val afstand en horizontale bewegingen moeten zoveel mogelijk worden beperkt. In een silo dient naar massastroming te worden gestreefd. Voorts verdient het aanbeveling om stortgoed op meerdere punten aan een silo te onttrekken en de verschillende fracties weer te mengen.

Segregatie is ook te bestrijden door de procesvoering aan te passen. Zo kan men besluiten om een silo niet meer tussentijds bij te vullen. Soms is het mogelijk om het debiet aan te passen en meer batch-gewijs te werken. Van invloed is ook de procesvolgorde. Het is beter om eerst op te slaan en pas bij uitslag te mengen (dus zo laat mogelijk mengen). Ook de mengwerking (en met name de uitloop van de menger) moet kritisch worden bekeken. Trillingen, bijvoorbeeld tijdens transport, bevorderen segregatie en moeten dus zoveel mogelijk worden vermeden. Ontmenging kan soms worden bestreden met behulp van een betere beheersing van temperatuur en druk. Bij 'stoffig' product is het zaak snel te ontluichten, eventueel geforceerd.