

Segregatie in silo's nader bekeken

Bij het verwerken van een droog mengsel van diverse componenten blijkt soms dat ergens verderop in het proces de samenstelling is gaan afwijken van de gewenste mengverhouding. Er is kennelijk ergens segregatie (ongewenste ontmenging) opgetreden. In een vorig artikel (*Solids Processing* nr. 2 2008) kwam naar voren dat een silo vaak de plaats in een productieproces is waar segregatie kan optreden. In dit tweede van een serie van drie artikelen zal het segregatiegedrag in silo's nader worden bekeken en gaan we in op maatregelen om ontmenging te voorkomen of te verminderen.

Ir. Gerard Haaker
en Ir. Piet van der Kooi.

Zoals eerder beschreven kan segregatie van een gemengd product alleen optreden wanneer er verschillen zijn in de eigenschappen van de aanwezige componenten in het mengsel. De belangrijkste hiervan zijn de verschillen in deeltjesgrootte of deeltjesgewicht van de afzonderlijke fracties. Of ontmenging daadwerkelijk zal optreden, hangt af van de mechanismen die op verschillende plaatsen in een productieproces kunnen optreden. Een bekend probleem is de ontmenging in een silo. Hierbij gaat het voornamelijk om horizontale ontmenging waarbij de samenstelling van het mengsel in het centrum anders is dan aan de wand. Soms blijkt ook verticale ontmenging op te treden, waarbij dan horizontale lagen ontstaan waarvan de samenstelling per laag anders is. Om ontmenging bij silo-opslag tegen te gaan, zal eerst moeten worden vastgesteld waar

en waardoor de ontmenging optreedt. Dit kan namelijk zowel bij het vullen, tijdens de opslag als bij het weer onttrekken van materiaal aan de silo optreden.

Ontmenging tijdens het vullen

Bij het vullen van een silo treedt meestal een vrije val van de productstroom op. Hierbij vallen de afzonderlijke deeltjes min of meer onafhankelijk van elkaar en worden de valwegen van de deeltjes hoofdzakelijk bepaald door hun massa, grootte en vorm. Deeltjes met dezelfde eigenschappen zullen dan ook ongeveer dezelfde banen beschrijven en dus ook dicht bij elkaar op het onderliggende stortgoed terecht komen zodat door het valgedrag al een zekere segregatie kan optreden. Belangrijk hierbij is de valhoogte: hoe groter de valhoogte, hoe meer de deeltjes hun eigen banen volgen en dus tot segregatie leiden. Wanneer de deeltjes bij het afstorten nog een horizontale snelheid hebben wordt dit proces nog versterkt.

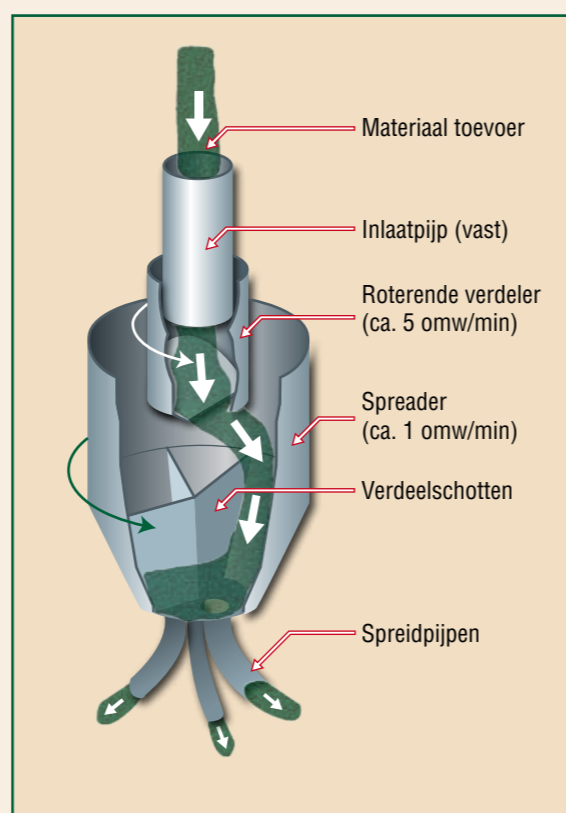
Bij het bereiken van de onderliggende stortgoedlagen, treedt tevens storthoopsegregatie op. Daarbij spelen verschillende mechanismen een rol. Er zijn hierbij een aantal lagen langs de storthelling te onderscheiden:

- de bovenlaag: hier kunnen grotere deeltjes stuiten en rollen.
- een tussenlaag waar fines tussen grotere deeltjes dringen.
- het statische product: fines uit de tussenlaag kunnen eventueel nog hierin doordringen.

Afhankelijk van de richting van storten en de vrijheid van glijden zullen verschillende profielen ontstaan.

Door het continu storten op een hoop zullen van tijd tot tijd 'lawines' optreden. Door dit effect komen veel van de grotere deeltjes die nog redelijk in het centrum lagen, alsnog aan de buitenkant terecht. In doorsnede ontstaat nu een soort kerstboom, zie figuur 1. Bij een kleine productstroom met een langzame en meer geleidelijke opbouw van het talud treden minder vaak lawines op.

Wanneer een product veel kleine deeltjes bevat (< 0,05mm) kan bij het vullen ook



Figuur 2: Rotaryspreader. Voorbeeld van een vulmechanisme dat de materiaalstroom zodanig verdeelt dat weinig segregatie kan optreden tijdens het vulproces.

ontmenging optreden tengevolge van opgewekte luchtstromingen. In dat geval worden de kleine deeltjes meestal door de bewegende lucht uit het centrum meegenomen en weer aan de wanden (waar de lucht van richting verandert) afgezet. Bij pneumatische vulling vindt veel luchtcirculatie plaats waarin kleine deeltjes kunnen blijven zweven. Bij het stoppen van het vulproces slaan ze neer op de bovenlaag van het product, zodat verticale ontmenging optreedt. Schoonkloppen van filters na het vullen zal dit proces nog versterken.

Ook bij het beluchten van een product kan verticale ontmenging ontstaan doordat grotere en/of zwaardere deeltjes in de beluchte massa wegzakken.

Maatregelen ter voorkoming

Er zijn diverse maatregelen mogelijk om segregatie bij het vullen te verminderen. Hierbij is het belangrijk dat men een goed idee heeft welk type segregatie hoofdzakelijk optreedt ten einde de juiste methode te kiezen. Bij het optreden van vrije val en storthoop-segregatie is het aan te bevelen om de valhoogtes te beperken en het product zoveel mogelijk over het oppervlak

te spreiden zodat meerdere maar veel kleinere taluds worden gevormd. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van meerdere vulopeningen of vulpijpen, spreidplaten of een spreidkegel, danwel roterende goten of pijpen. Een excentrisch roterende plaat of kegel biedt bovendien het voordeel dat het materiaal op variërende afstanden van het centrum wordt losgelaten. Een aardig voorbeeld van een toepassing die een aantal van deze mogelijkheden combineert is de zogenaamde rotaryspreader, zie figuur 2.

In sommige gevallen is het handig om het materiaal via een telescopische stortpijp toe te voeren. Dit is wel een dure oplossing die alleen bij sterk stuivende of breukgevoelige materialen wordt toegepast.

Ontmenging tijdens opslag

Tijdens opslag is het product meestal in rust en zal geen ontmenging optreden. Het kan voorkomen dat er nog enige beweging optreedt, het product 'werkt'. Het kan inklinken of uitzakken en vooral onder invloed van ontluchting en trillingen alsnog ontmenging. Vooral sterk beluchte poeders kunnen tijdens het ontlichten voldoende beweging en ruimte krijgen om te ontmengen.

Ontmenging tijdens leegstromen

Tijdens het leegstromen van een silo kan ook ontmenging optreden maar het is net zo goed mogelijk dat tijdens het leegstromen weer hermenging optreedt van een tijdens vullen ontmengd product. Wat er gebeurt is afhankelijk van het type stroming dat optreedt, massastroming of kernstroming.

Kernstroming

Bij het vullen van een silo ontstaat een productkegel met de punt omhoog (zie figuur 3a). Bij het uitstromen kan zich een kegel vormen met de punt naar beneden, waarbij dan sprake is van kernstroming. Het materiaal stroomt in een centraal kanaal dat vanaf de kanten wordt aangevuld. Een tijdens het vullen ontstane ontmenging wordt bij kernstroming niet hersteld (zie figuur 3b). Langs de hellingen van de productkegel kan bovendien weer ontmenging optreden zodat zelfs een na het vullen nog homogeen product weer kan ontmengen, zeker als er sprake is van lange hellingen.

Massastroming

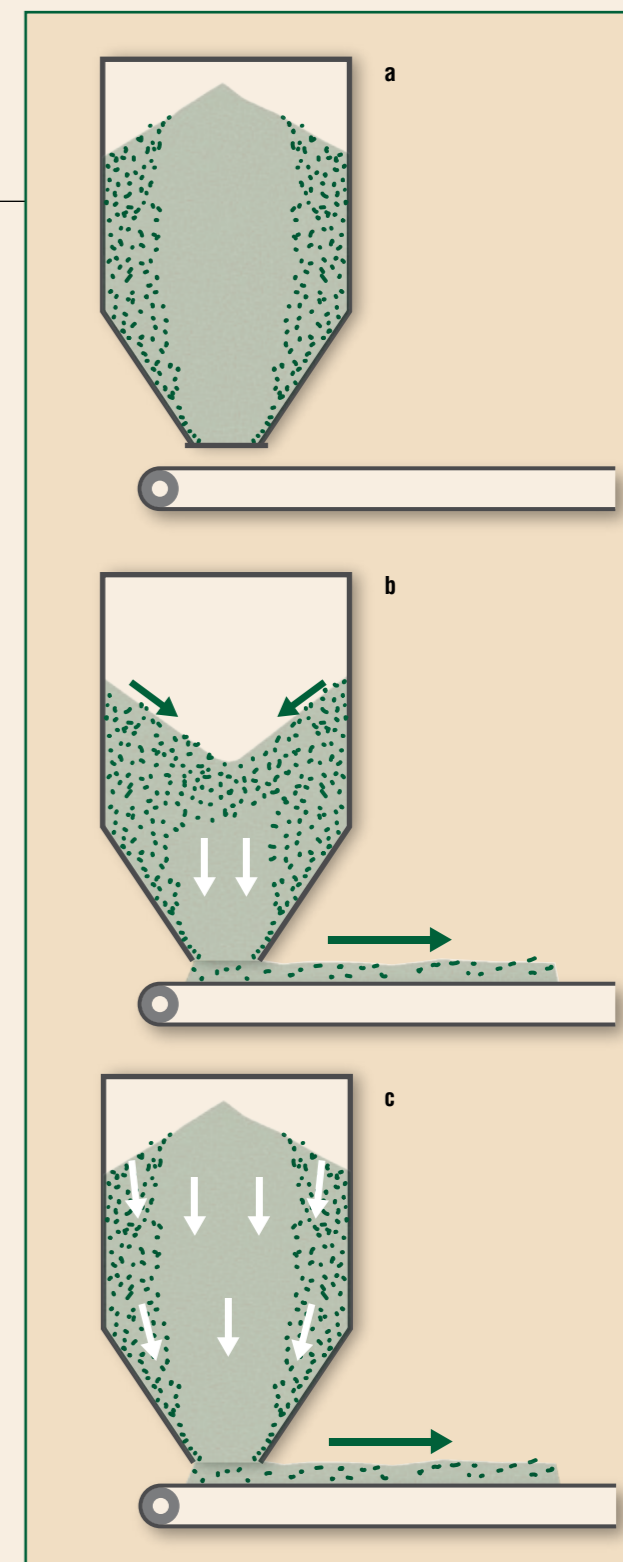
Bij het legen van een silo wordt in het algemeen gestreefd naar massastroming. Niet alleen vanwege het principe van 'first in first out', maar ook om ontmenging te voorkomen of te herstellen. Bij massastroming zakken immers alle deeltjes met ongeveer dezelfde snelheid naar beneden. Eenmaal in de trechter zal de fractie aan de wand zich vermengen met de fractie in het midden. Zo wordt de horizontale ontmenging, ontstaan bij het vullen, weer grotendeels teniet gedaan (zie figuur 3c). Voor een echte massastroming is een voldoende vulhoogte in de silo een voorwaarde. Het is duidelijk dat massastroming het materiaal niet zal hermengen indien sprake is van een verticale ontmenging.

In geval van kernstroming met kans op segregatie bestaan er een aantal opties om dit te keren richting massastroming:

- Er kan een steilere trechter worden toegepast, of de wandwrijving kan worden verlaagd door een geschikte coating of bekleding.
- Een ronde trechter kan worden omgezet in een wigvormige trechter. Dit type trechter heeft voor massastroming een minder steile hoek nodig. Wel dient over de volle opening materiaal te worden onttrokken door aangepaste losapparatuur.
- Er kan een insert worden ingebouwd die de stroming omzet naar een vorm van vlakke stroming. De inbouw van deze inserts ligt nogal kritisch naar vorm en plaats.

Meerdere punten

Ontmenging tijdens het legen kan tevens worden tegengegaan door het product op meerdere punten aan de silo te onttrekken. Een vaak toegepaste methode is het maken van een aantal trechteropeningen van waaruit het materiaal naar één verzamelpunt onder de silo stroomt. Een andere mogelijkheid is om in de silo verticale pijpen aan te brengen met toevoergaten op diverse hoogtes zodat het product vanaf meerdere plekken naar de uitstroombekleding wordt gevoerd. Toepassing hiervan is alleen geschikt voor goed stromende producten, zodat geen verstoppingen op kunnen treden. In principe is dit een systeem waarbij verschillende lagen worden gemengd zodat verticale ontmenging wordt bestreden. ■



Figuur 3: Meng- en ontmenggedrag in een silo. a) situatie na het vullen waarbij ontmenging is opgetreden. b) kernstroming: de ontmenging wordt niet meer hersteld. c) massastroming: de ontmenging wordt grotendeels weer hersteld.

Dit is het tweede deel van in totaal drie artikelen. In het eerste deel is ingegaan op de mechanismen die ontmenging veroorzaken, de factoren die hierbij een rol spelen en de processen waar het kan optreden. In dit deel kijken de auteurs specifiek naar de omstandigheden en mechanismen tijdens de silo-opslag. Ten slotte zullen in deel drie een aantal praktische toepassingen worden beschreven.

Deel 1 is verschenen in *Solids Processing* nummer 2, deel 3 verschijnt in het volgende nummer.

Figuur 1: Typisch kerstboomprofiel bij het vullen van een silo. Deze ontstaat door storthoopsegregatie en het optreden van lawines langs de storthelling.

