

Onderzoeksresultaten en praktische toepassingen

In twee eerdere artikelen, *Solids Processing* nr. 2, 2008, pag. 56 en *Solids Processing* nr. 3, 2008, pag. 70, zijn de algemene aspecten van segregatie (het ongewenst ont mengen) van een stortgoed tijdens verschillende bewerkingsprocessen behandeld. We legden daarbij speciaal de nadruk op ontmenging die in silo's kan optreden. In dit artikel zullen een aantal praktische toepassingen van deze laatste mogelijkheid worden beschreven.

Ir. Gerard Haaker
en Ir. Piet van der
Kooi

Voor het minimaliseren van het ont mengen tijdens silo-opslag zijn er in principe drie mogelijkheden:

1° het veranderen van de neiging tot ont mengen van het stortgoed zelf, bijvoorbeeld door een wat kleiner verschil in grootte van de deeltjes, en/of een wat grotere cohesie.
2° het verminderen van de ontmenging tijdens het vullen van de silo door meervoudige vulmechanismen, waardoor grote stortkegels/ lange taluds worden voorkomen.
3° aanpassing van het uitstroombegedrag waarbij de opgetreden ontmenging door hermenging weer grotendeels wordt hersteld.

De invloed van massastroming op ontmenging

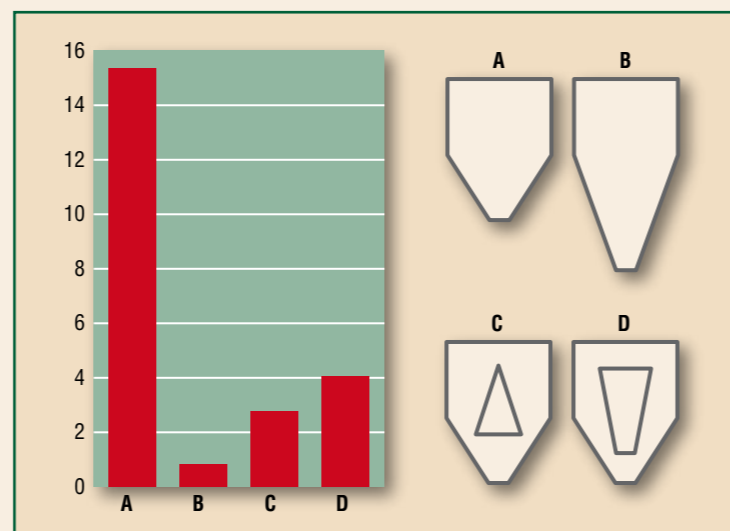
Aan de TU Braunschweig (Institut für Mechanische Verfahrenstechnik) is experimenteel onderzoek verricht naar de invloed van het stromingspatroon op de ontmenging van een mengsel van kalksteen. Hierbij kwamen twee fracties kalksteen, gemiddelde deeltjesgrootte 0,3mm resp. 1,1mm, goed gemengd in een test-silo terecht via een enkelvoudige toevoer. Tijdens het vulproces trad ontmenging van het mengsel op waardoor het product aan de silowanden een groter aandeel van het grovere materiaal bevatte. De silo was in eerste instantie voorzien van twee verwisselbare trechters, met een halve tophoek van respectievelijk 60° en 38°. Beide trechters waren onvoldoende steil voor massastroming zodat kernstroming optrad. Tijdens het uitstromen werden geregeld monsters genomen en werd het aandeel van de fijne fractie gemeten. Dit aandeel van de fijne fractie bleek tijdens het legen van de silo terug te lopen van circa 75 procent naar circa 30 procent. Er bleek dus duidelijk geen hermenging op

te treden en de fijnere fractie (uit de kern van de silo) stroomde eerder uit dan de grovere fractie (meer vanuit de buitenkant). Dit resultaat toont dus precies wat je bij ontmenging in een kernstroomsilo kunt verwachten.

Vervolgens werd de trechter vervangen door een steilere, halve tophoek ca 10°, waarbij duidelijk massastroming moest optreden. De metingen tijdens uitstroming toonden nu aan dat tijdens bijna de gehele uitstroming het aandeel van de kleine fractie circa 50 procent bedroeg. De opgetreden ontmenging tijdens het vullen, is door de massastroming dus weer hersteld. Alleen in de laatste fase van de uitstroming nam de fijne fractie wat toe en daarna weer af. Dit wordt veroorzaakt doordat bij geringe vulling de massastroming overgaat in een vorm van kernstroming. In verder onderzoek werd weer de kernstroomtrechter van 38° gebruikt, maar werd massastroming bereikt door het inbouwen van een verdingerconus of een extra trechter. Ook deze methoden bleken tot een aanzienlijke verbetering van het ontmengprobleem te leiden. De onderzoekers merken hierbij overigens op dat het ontwerpen van een extra trechter zowel qua plaats als afmetingen een lastige zaak blijft. De resultaten van de verschillende metingen zijn weergegeven in figuur 1, waarbij de verticaal aangegeven ontmengindex een maat is voor de afwijking van het eindproduct ten opzichte van het volledig gemengde vulproduct.

Figuur 1: Invloed van het stromingspatroon op het segregatiegedrag in silo's.

A: kernstroming, waarbij geen hermenging optreedt.
B: massastroming door steilere trechter, met goede hermenging.
C: massastroming door inbouw piramide, hermenging.
D: massastroming door inbouw extra trechter, hermenging.



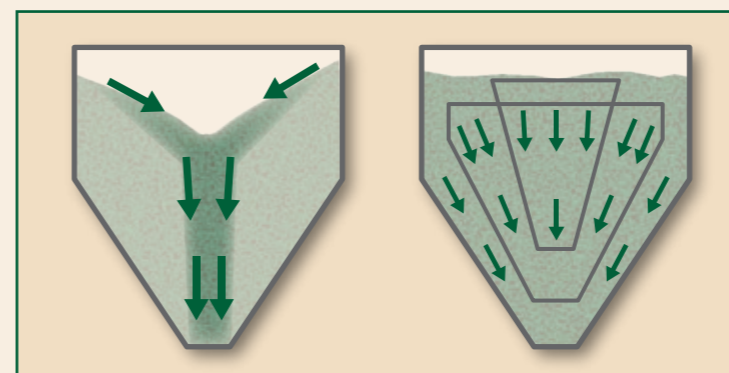
Uit dit onderzoek blijkt duidelijk dat bij massastroming de ontmenging aanzienlijk wordt beperkt. De wijze waarop massastroming wordt bereikt, rechtstreeks door de juiste trechterhoek, of indirect via het inbouwen van inserts, heeft hierbij nog wel enige invloed.

Het oplossen van ontmengproblemen

Eenmaal opgetreden horizontale ontmenging kan vaak worden opgelost door ervoor te zorgen dat bij het uitstromen van de silo een goede massastroming optreedt zodat hermenging plaatsvindt. In beide hierna beschreven cases is van dit principe gebruik gemaakt, hoewel de toegepaste oplossing verschillend is.

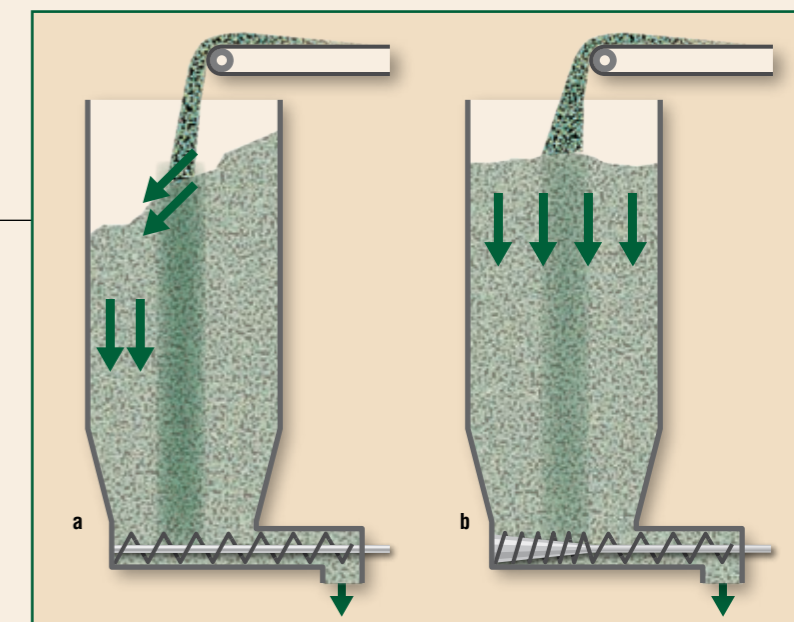
Ontmengproblemen bij mengsels voor wegeverf

De beschouwde mengsels waren samengesteld uit een aantal poedervormige producten (als pigmenten en vulstof), fijne glasparels, een percentage minerale olie en een wat grovere fractie bindmiddel in de vorm van prills (diameter 3 tot 5mm). Deze mengsels werden homogeen gemengd via een transportband naar een vulsilo getransporteerd. Vanuit deze silo werd het product via een doseerband naar een afzakmachine geleid. Helaas bleek dat na het afzakken geregeld partijen moesten worden afgekeurd omdat de hoeveelheid bindmiddel niet aan de specificaties voldeed. Er moest dus ergens in de keten ontmenging zijn opgetreden. Nader onder-



Figuur 2: Het oplossen van een segregatieprobleem in een kernstroomsilo door het inbouwen van een tweetal extra binnentrechters. Resultaat: massastroming met hermenging.

zoek wees uit dat dit in de vulsilo moest zijn gebeurd. Het lag voor de hand dat de ontmenging tijdens het vullen van de silo optrad doordat de grotere deeltjes (dus het bindmiddel) tijdens het storten verder langs de helling van de opstortkegel glijden en dus meer aan de buitenkant dan in het centrum terecht kwamen. Deze segregatie werd kennelijk bij het uitstromen niet meer hersteld. Besloten werd om het stromingspatroon indien mogelijk te wijzigen in een goede massastroming door aanpassing van de silogeometrie. Randvoorwaarde hierbij was dat de inhoud van de silo niet kleiner mocht worden en de totale hoogte niet groter mocht worden om aanpassingen in de rest van het proces te voorkomen. Om te bepalen welke trechterhoek nodig was voor massastroming, zijn van het product de inwendige en wandwrijving gemeten met een Jenike sheartester. Hieruit bleek dat een trechterhoek (met de verticaal) van 16 graden voor een ronde of piramidevormige trechter en van 29 graden voor een wigvormige trechter nodig zou zijn. De bestaande trechter bestond uit een kort rond bovenstuk en een ronde trechter met een hoek van 28 graden, dus lang niet steil genoeg voor massastroming. De keuze voor een wigvormige trechter die met een hoek van 28 graden kon volstaan was echter niet aantrekkelijk omdat er dan een uitlaatsleuf zou ontstaan met een lengte van 1,15m, waaronder een uittrekschroef met een zodanige constructie dat over de volle lengte materiaal werd onttrokken. Door de slechte ervaringen met schroeven voor de gebruikte mengsels viel de keuze op een ronde uitstroomtrechter met centrale uitstroming. Maar de benodigde trechterhoek van 16 graden zou bij de gevraagde inhoud tot een veel te hoge silo leiden. De oplossing was hier dat door het inbouwen van een



Figuur 3: Een ontmengprobleem door een verkeerd ontworpen uittrekschroef. Aanpassing van de schroef leidt tot massastroming en hermenging.

extra trechter in de trechter de benodigde steilte van de buitentrechter kon worden gehalveerd. Uiteindelijk is gekozen voor het inbouwen van twee binnentrechters waardoor de buitentrechter met een hoek van 36 graden nog een betrouwbare massastroming oplevert. Dit systeem is op laboratoriumschaal getest en bleek inderdaad ook in de praktijk tot het gewenste resultaat te leiden. De oorspronkelijke opstelling en het aangepaste ontwerp zijn weergegeven in figuur 2.

Ontmenging van zand-turf mengsels

Het tweede voorbeeld betreft een mengsel van zand en gemalen turf dat moet worden afgezak. Tengevolge van het vullen bleef de wat zwaardere en kleinere zandfractie meer in het centrum, de wat lichtere en grovere turfdeeltjes hadden een wat grotere concentratie aan de silowand, zie figuur 3a. De uitlooptrechter van de silo was in principe steil genoeg voor massastroming maar de uittrekschroef verknoede hier de boel. Deze schroef was met standaard as en spoed uitgevoerd en bleek het materiaal voornamelijk aan de achterzijde aan de silo te onttrekken met als gevolg dat er geen massastroming en dus geen hermenging van het materiaal optrad. De oplossing was een zodanige aanpassing van de as en de spoed van de schroef dat over de volle lengte van de sleuf materiaal aan de schroef kon worden toegevoerd zodat massastroming weer gegarandeerd was, zie figuur 3b.

Oplossingen bij verticale ontmenging.

De tot nu toe gegeven voorbeelden geven oplossingen wanneer horizontale ontmenging tijdens een vulproces is opgetreden. In sommige gevallen kan er ook sprake zijn van verticale ontmenging. Hierbij zijn dan in een silo horizontale lagen aanwezig die ten opzichte van elkaar verschillen in

samenstelling. Dit kan bijvoorbeeld voorkomen wanneer tijdens transport (in bulk-wagens o.i.d.) ontmenging is opgetreden en met dit product een silo wordt gevuld. Massastroming zal in dit geval niet helpen, want alleen horizontale lagen worden hierbij hermengd. Maar verticaal verandert er niets volgens het principe first-in, first-out. De oplossing zal nu moeten worden gezocht in een vorm van mechanische hermenging of het op meerdere verticale plaatsen tegelijk onttrekken van materiaal. Dit laatste kan gebeuren door bijvoorbeeld een aantal verticale pijpen met diverse instroomopeningen in de silo aan te brengen. Dit is een veel toegepaste methode bij plastic pellets om verschillende productiebatches te mengen. Een elegante oplossing kan ook zijn het verdelen van de silo in een aantal compartimenten door het aanbrengen van verticale verdeelschotten die tot bijna onder de silo doorlopen. Deze compartimenten worden bij het vullen van de silo opeenvolgend gevuld maar stromen bij het onttrekken van materiaal aan de silo wel gelijktijdig leeg zodat hermenging van de inhoud van de verschillende compartimenten plaatsvindt.

Stapsgewijze analyse

Ontmengproblemen komen helaas nog al te vaak voor in de praktijk en kosten naast tijd en geld meestal een boel ergernis. In het algemeen is het hierbij zaak om stapsgewijs een goede analyse te maken van de hele keten waarin het probleem optreedt en hieruit vast te stellen waar en waardoor het ont mengen optreedt. Pas dan is het mogelijk om adequate maatregelen te nemen. Speciaal in het geval van verticale ontmenging moet hierbij ook het voortraject (bv het aanvoertransport) worden meegenomen omdat het product soms al in ontmengde toestand het bedrijf blijkt binnen te komen. ■

Dit is het laatste 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 het tweede deel keken de auteurs specifiek naar de omstandigheden en mechanismen tijdens de silo-opslag. In dit laatste deel worden een aantal praktische toepassingen beschreven. Deel 1 is verschenen in *Solids Processing* nummer 2, deel 2 is verschenen in *Solids Processing* nummer 3.