

Segregatie van stortgoedmengsels

Veel producten die in de procesindustrie worden verwerkt, zijn samengesteld uit diverse componenten die in een of meerdere stappen zijn gemengd tot een zo homogeen mogelijk materiaal. Helaas blijkt soms dat ergens in de loop van de volgende processen de samenstelling is gaan afwijken van de gewenste mengverhouding: er is kennelijk ergens segregatie (ongewenste ontmenging) opgetreden. Dit is niet alleen slecht voor de kwaliteit van het product zelf, maar kan ook de effectiviteit van de processtappen nadelig beïnvloeden.

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

Bij segregatie gaat het altijd om verschil in gedrag tussen grote en kleine deeltjes, of lichte en zware deeltjes. Belangrijk hierbij is de bewegingsvrijheid die de deeltjes krijgen, de snelheden die optreden en mogelijke luchtstromen.

Van de deeltjes zelf zijn de volgende eigenschappen belangrijk:

- gemiddelde korrelgrootte
- spreiding van de korrelgrootteverdeling
- echte dichtheid van de verschillende componenten
- inwendige wrijving en wandwrijving
- vorm van de deeltjes, elasticiteit, hardheid, brosheid
- cohesie en adhesie
- gevoeligheid voor vocht en temperatuur

Deze eigenschappen bepalen zowel het verschil dat in het gedrag van de afzonderlijke deeltjes kan optreden, als het totale stroomgedrag van het mengsel. Op basis van (het verschil in) deze eigenschappen is kwalitatief te voorspellen of het mengsel mogelijk zal ontmengen. Of

en in welke mate dit zal optreden, hangt af van de processen die worden doorlopen.

Segregatieprocessen en mechanismen

Er bestaan verschillende processen waarbij scheiding van deeltjes kan voor komen. Binnen deze processen kunnen vaak meerdere mechanismen optreden die worden veroorzaakt of versterkt door bovengenoemde producteigenschappen.

Storchoopsegregatie

Wanneer stortgoed van een zekere hoogte op een hoop wordt gestort, zal in veel gevallen een vorm van ontmenging optreden. Hierbij spelen meerdere mechanismen een rol. Door een verschil in deeltjesgrootte zullen de grotere deeltjes verder langs de helling van de hoop doorrollen dan de lichtere kleinere deeltjes. Dit komt enerzijds door de grotere kinetische energie van de grote deeltjes, anderzijds omdat de helling van de hoop 'gladder' is voor de grotere deeltjes dan voor de kleinere. Hierdoor zal onderaan de helling een groter percentage aan grote deeltjes worden gevonden. Wanneer hele lagen materiaal langs de helling van de hoop naar beneden glijden, zal een soort zeefmechanisme optreden waarbij kleinere deeltjes wegzakken in de ruimtes tussen de grotere en zich meer in het bovendeel van de helling afzetten. Bij grote verschillen in dichtheid van de deeltjes kan een vorm van verdringing optreden. De zware deeltjes drukken de lichtere deeltjes weg en blijven zelf meer boven in de hoop liggen.

Wanneer deeltjes met verschillende storthoeken achtereenvolgens op een hoop worden gestort, zullen de deeltjes met de grootste storthoeken wat meer in het cen-

trum van de hoop blijven. De deeltjes met minder wrijving (lagere storthoek) zullen wat makkelijker naar beneden rollen of glijden en komen dus wat meer aan de buitenkant terecht.

Een wat omgekeerd effect kan optreden wanneer een mengsel dat vrij veel kleine deeltjes bevat, in een forse stroom op een hoop belandt. Door de ingesloten lucht kan dan een zekere mate van fluïdisatie optreden en de gefluïdiseerde lagen zullen langs de helling naar beneden stromen. Hierbij kunnen de grotere deeltjes door de stromende lagen heen zakken, terwijl de kleinere verder doorstromen. In dit geval vinden we dus juist meer de grotere deeltjes in het centrum.

In de praktijk blijken bij storchoopsegregatie de effecten van het doorrollen van de grotere deeltjes en het doorzakken (zeefwerking) van de kleinere deeltjes het vaakst op te treden zodat meestal het beeld van figuur 1 ontstaat. De andere effecten treden slechts onder bepaalde omstandigheden op.

Percolatie

Dit is het verschijnsel dat kleine deeltjes wegzakken tussen de grotere. Hiervoor is het nodig dat er veel beweging in het materiaal aanwezig is, bijvoorbeeld door trillingen tijdens het transport in trein of bulkwagen.

Verdringingssegregatie

Dit heeft hetzelfde effect als percolatie, waarbij nu de grotere deeltjes omhoog bewegen. Wanneer voldoende beweging aanwezig is, bijvoorbeeld door trillingen, zullen in principe alle deeltjes omhoog en omlaag kunnen bewegen. De grote deeltjes worden in hun neerwaartse beweging gehinderd omdat kleinere hun plaats ten dele hebben ingenomen. Dit type ont-

menging wordt ook gevonden bij truck of railtransport. (Vergelijk het schudden van een bak muesli: grotere vlokken en deeltjes komen al snel boven).

Segregatie door luchtstromen

Door de opgewekte luchtstroming, bijvoorbeeld bij het storten van een product in een silo, worden de fijnere deeltjes verder meegenomen dan de zwaardere. We vinden de fijnere deeltjes in een dergelijk geval meer aan de wanden terwijl de grotere meer onder het afstortpunt blijven liggen (zie figuur 2). Dit mechanisme heeft dus een wat tegengesteld effect dan de eerder genoemde storchoopsegregatie, maar speelt alleen een rol bij zeer kleine deeltjes.

Plaatsen waar segregatie kan optreden

Segregatie kan in principe overal in een keten van processen optreden, maar er zijn wel een aantal plaatsen aan te wijzen waar de kans op segregatie groter is. Dit zijn altijd de plekken waar veel beweging in het product zal optreden. Hiervoor zijn te noemen:

- Het optreden van *vrije val* van het product, bijvoorbeeld bij het vullen van een silo of reactievat, of het storten op een hoop. De verschillende deeltjes in een productstroom zullen afhankelijk van hun massa hun eigen trajecten volgen. Door horizontale snelheden bij het afstortpunt en eventuele luchtstromen wordt dit proces nog versterkt.
- Als vervolg hierop kan op het gevormde talud tevens *storchoopsegregatie* optreden.
- *Beluchting of begassing* van het product, indien het product moet worden gedroogd of wanneer een reactie met het doorstromende gas moet plaatsvinden. Hierdoor treedt meestal meer beweging of bewegingsvrijheid van de deeltjes op en kan ontmenging ontstaan.
- *Beweging in het product door transportmiddelen*. Deze beweging kan optreden door trillingen (bulkwagens, trein) maar ook door ontladingsapparatuur als schrapers en kettingtransporteurs.
- *Beweging in het transport door het laten uitstromen van reactievaten en silo's*. Hierbij ontstaan diverse afschuifvlakken in het materiaal met zeer veel onderlinge bewegingen van de deeltjes. Afhankelijk van het type stroming zal hierbij al dan niet segregatie optreden.

- Bij diverse vormen van transport. Bij triltransporteurs is het duidelijk dat veel beweging aan het product wordt opgelegd. Maar ook bij bandtransport is segregatie heel goed mogelijk. Hoewel het materiaal op een band schijnbaar rustig ligt, heeft bij het passeren van de steunrollen een behoorlijke beweging in het materiaal plaats waardoor zowel percolatie als verdringing kan optreden en de fijne deeltjes onderin terechtkomen. Verder zal op de overstortpunten een vorm van vrije val optreden.

Mogelijke problemen als gevolg van segregatie

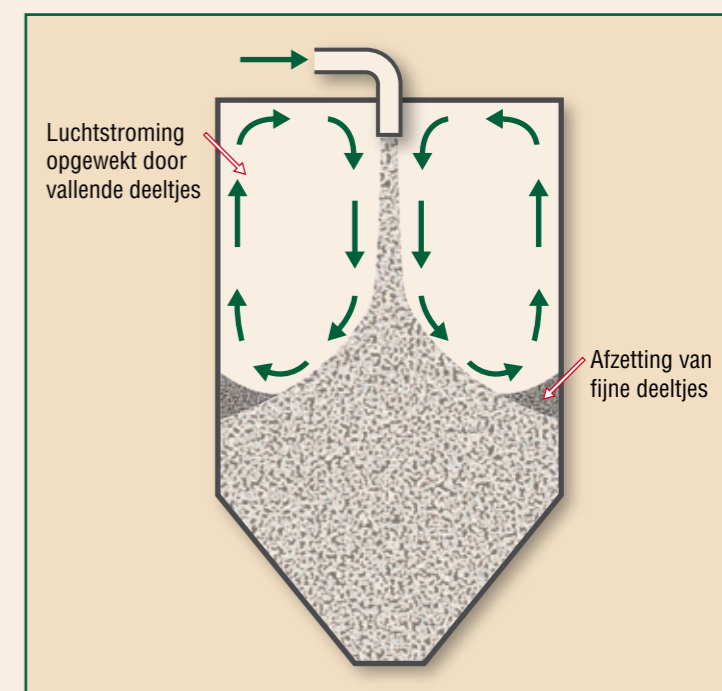
Behalve de algemene kwaliteitsvermindering van het product door segregatie levert het nog een aantal problemen op:

- verandering van het stromingsgedrag van het product waardoor wijzigingen kunnen ontstaan in het stromingspatroon in een silo, mogelijke variaties in de wandbelastingen en problemen met de regeling van het uitstroomdebiet.
- dichtheidsvariaties in de vulmassa waardoor de contacttijden van doorstromende gassen of vloeistoffen niet meer homogeen zijn.
- bij afwijking van massastroming treden mogelijk grote variaties in de verblijftijden van delen van de vulmassa op.

Het voorkómen of verminderen van segregatie

Indien een gemengd product gevoelig blijkt voor segregatie, is een aantal maatregelen mogelijk om dit te voorkomen dan wel te verminderen. Algemeen kan hierbij worden gesteld dat wijzigingen mogelijk zijn op drie gebieden:

- wijziging van de productdeeltjes of eigenschappen. Te denken valt hierbij aan het vergroten van de samenhang (cohesie) tussen de deeltjes door ze te verkleinen (malen), te bevochtigen of te paneren. Ook het verkleinen van de verschillen tussen de deeltjes is soms mogelijk door het aanpassen van het maalproces of het verwijderen van de kleinste en/of de grootste fracties.
- Wijziging van de processen of de procesvolgorde. Mogelijkheden kunnen hier zijn het in een zo laat mogelijk stadium



Segregatie van
fijne deeltjes door
luchtstromen.

mengen van de productcomponenten, toepassen van een tussenstap met homogenisatie, het voorkomen van onnodige tussenopslag na het mengen en zo mogelijk meer batchgewijs werken. Een soms toegepaste mogelijkheid is om het product direct na het mengen te pelletiseren, zodat geen ontmenging meer kan optreden. Dit is wel een dure oplossing die alleen zinnig is indien zeer hoge eisen aan het mengsel worden gesteld en soms gewoonweg niet toepasbaar is, bijvoorbeeld bij katalysatoren.

- Wijziging of aanpassen van de installatie zelf. Hierbij zijn aan de orde het zorgen voor goede vul- en leegmechanismen, waar mogelijk massastroming in de opslagsilo's toepassen, en het vermijden van veel bewegingsruimte voor het product door snelheden bij overstorten zo laag mogelijk te houden. ■

Dit is het eerste deel van in totaal drie artikelen. In deel I gaan de auteurs in op de mechanismen die ontmenging veroorzaken, de factoren die hierbij een rol spelen en de processen waar het kan optreden. In een volgend deel zal specifiek naar de situatie tijdens silo-opslag worden gekeken. Ten slotte zullen in deel drie een aantal praktische toepassingen worden beschreven. Deel 2 van deze serie verschijnt in Solids Processing nummer 3.

Storchoopsegregatie:
A) verticaal
B) met horizontale
snelheid.

