

Ontmenging (3): een case

Wegmarkering nu beter uit de verf

Bij een bedrijf waar thermoplastische wegmarkeringsproducten worden geproduceerd, moest men na het afzakken regelmatig charges afkeuren omdat de hoeveelheid bindmiddel niet aan de specificaties voldeed. Soms was te veel, soms te weinig bindmiddel aanwezig. De narigheid bleek te wijten aan ontmenging. De oplossing was een aanpassing de geometrie van de vulsilo.

door: ir. P.J. van der Kooi

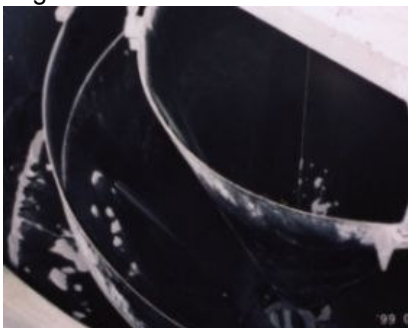
In dit artikel komt een case-beschrijving van ontmenging aan de orde. Zie het vorige artikel over algemene aspecten met betrekking tot opslag en stroming in een silo.

Verf voor wegmarkeringen bevat verschillende grondstoffen, zoals titaanwit en vulstof (beide in poedervorm), glasparels en een klein percentage minerale olie. Een bindmiddel is verantwoordelijk voor de hechting van de verf aan de weg. Bij de productie en handling van het droge verfsysteem is het bindmiddel in het mengsel aanwezig in de vorm van prills met een diameter van 3 tot 5 mm. Het grondstoffenmengsel gaat via een opvoerende bandtransporteur naar een ruim vier meter hoger gelegen vulsilo. Vanuit de vulsilo gaat het product op een doseerband naar een afzakmachine. Ergens in dit traject trad ontmenging op.



Analyse

Een analyse leerde dat het product redelijk goed gemengd op de opvoerband wordt gebracht. Monsters, genomen op een hoogte van circa 1,5 meter, toonden weliswaar enige variatie maar voldoen aan de productspecificatie. Op de band lijken grotere deeltjes wat naar beneden te rollen. Dit zal alleen een begin- en eindeffect veroorzaken, maar kan de waargenomen verschillen in de samenstelling van het eindproduct niet verklaren. De deeltjes in de productlaag op de band zullen waarschijnlijk voldoende bewegingsvrijheid hebben om te kunnen percoleren; kleinere deeltjes komen onderin de laag terecht, grotere deeltjes bovenin. Dit betekent dat bij het afstortpunt de fijne fractie, waarvan iets aan de band blijft plakken, minder ver wordt afgeworpen dan de grove fractie. Bovendien ondervinden grotere deeltjes relatief minder luchtweerstand en houden daarom een grotere horizontale snelheid, wat de ontmenging nog versterkt.



Storten

Bij het storten van de deeltjes op een talud of een hoop kunnen opnieuw diverse ontmengmechanismen optreden. Bij stoffige producten dwarrelen de fijne deeltjes na, terwijl de grotere al tot stilstand zijn gekomen. Het onderhavige product bevat echter weinig stof, zodat de grote deeltjes het langst bewegen. Hierbij speelt ook een rol dat kleine deeltjes onder het stortpunt tussen de grotere omlaag bewegen, waardoor grote deeltjes nog gemakkelijker het talud afrollen. Bovendien zal de top van de storthoop regelmatig instorten (als een lawine), waarbij vooral de grotere deeltjes worden meegenomen. Een lagere snelheid van storten bevordert dit type ontmenging omdat de storthoop dan steiler is en de lawines groter zijn. In de onderhavige silo trad vooral ontmenging op als gevolg van het storten van de deeltjes, waarbij de grotere deeltjes aan de rand terecht kwamen. Er is dan sprake van een horizontale ontmenging.

Legen

Ontmenging kan in het algemeen ook optreden als een silo wordt geleegd volgens het principe van kernstroming. Hierbij stroomt eerst de kern uit, waarna het product toestroomt dat zich bij de wand bevindt. Dit mechanisme kan soms een reeds opgetreden ontmenging juist ongedaan maken, namelijk wanneer sprake is van een verticale ontmenging. Dit type ontmenging kan bijvoorbeeld ontstaan als grote deeltjes in een luchtig bed van fijne deeltjes ploffen. In de onderhavige vulsilo was echter sprake van een horizontale ontmenging. Dit type ontmenging kan alleen worden bestreden door leging volgens het principe van massastroming, terwijl in de praktijk sprake was van kernstroming. Bij massastroming stroomt een horizontale laag in de trechter of cilinder min of meer gelijktijdig uit. Ontmenging in zo'n laag wordt dan opgeheven.

Twee manieren

Het segregatie-probleem kon op twee manieren worden opgelost. Het is in principe mogelijk de ontmenging te sturen. Met de bestaande kernstroming als uitgangspunt moeten de grote en kleine deeltjes zodanig in de vulsilo worden verdeeld dat zowel in de kern als daarbuiten beide groepen aanwezig zijn. Dit kan worden gerealiseerd met behulp van valplaten, trechters of kegels. Het probleem is echter dat deze inbouwlichamen zelf ook aanleiding tot ontmenging kunnen leveren. De juiste configuratie is alleen door trial and error te vinden. De tweede weg tot een oplossing is een wijziging van het stromingspatroon in de vulsilo, en wel van kernstroming in massastroming. Hiertoe is het noodzakelijk dat de vulsilo wordt omgebouwd of dat inserts worden ingebracht. Deze oplossing is (misschien) duurder, maar beter te ontwerpen en met een grotere betrouwbaarheid. Het bedrijf koos voor betrouwbaarheid.

Vulsilo					
Bouwhoogte	1700 mm				
Vorm	piramide	wig	tr. in tr.	2tr. in tr.	
Breedte	1500	1500	1500	1500	mm
Lengte	1500	1150			mm
Hoek	28	28	28	42	deg
Keelhoek	37	28			deg
Trechterhoogte	1411	1411	1411	833	mm
Cilinderhoogte	289	289	289	867	mm
Totale inhoud	1.71	1.72	1.34	2.02	m³

Massastroming

Het al dan niet optreden van massastroming hangt af van de inwendige wrijving van het product, de wandwrijving (van product met wandmateriaal), de trechtersvorm en de trechterhoek. In een wigvormige trechter zal eerder (bij een minder steile hoek) massastroming optreden dan bij een vierkante of ronde trechter. Het is echter zeer belangrijk dat het onttrekmechanisme over de volle lengte van de opening onttrekt. Een uitdraagschroef is daarvoor waarschijnlijk de beste optie. Een insert kan helpen om massastroming te bewerkstelligen. Een piramide of driehoekige balk valt als insert echter af omdat dan wordt ingeleverd op de aspecten inhoud of inbouwhoogte. Een trechter-in-trechters is een goede optie [1]. Een nadeel hiervan in het onderhavige geval is dat de vulsilo zelf ook moet worden aangepast. De hoeken (snijhoeken van de wanden) van de piramidevormige trechter moeten op zijn minst worden afgerond. De wand blijft echter altijd steiler dan de hoek. Daarom verdient een geheel ronde trechter de voorkeur.

Massastroomhoek

De trechterhoek waarbij massastroming optreedt, heet de massastroomhoek. Om deze hoek te bepalen, zijn experimenten uitgevoerd waarbij de inwendige wrijving en wandwrijving zijn gemeten met de Jenike shear cell. De inwendige wrijving is 50 graden. De wandwrijving is gemeten op een schone plaat wandmateriaal en op een plaat wandmateriaal waarop het product enige tijd is 'ingepoetst' en onder druk heeft stilgestaan. De wandwrijvingshoek was 24 graden tot 28 graden. Dit leidt tot een massastroomhoek van 16 graden voor een ronde of piramidevormige trechter en 29 graden voor een wigvormige trechter. Dit is de hoek met de verticaal, ofwel de halve tophoek. De vulsilo bestond uit een korte vierkante 'cilinder' en een piramidevormige trechter. De trechterwanden maakten een hoek van 28 graden met de verticaal. De snijhoek van de wanden bedroeg 37 graden. Er treedt dus kernstroming op. Omdat de massastroomhoek (16 graden) zoveel kleiner is, heeft het afronden van de snijhoeken geen zin. Dit maakt een wigvormige of ronde trechter noodzakelijk.

Wigvormig

Bij toepassing van een wigvormige trechter kan de trechterhoek met de verticaal op de bestaande 28 graden worden gesteld. Het is echter een ingrijpende operatie om van de piramidevorm een wigvorm te maken. Voor de gewenste inhoud zou de lengte van de opening 1150 mm lang moeten zijn. Om massastroming te waarborgen, is het noodzakelijk dat over deze lengte gelijkmatig wordt onttrokken. Dit kan het best gebeuren met een uitdraagschroef (doseerschroef). Men had echter de ervaring dat de mengsels in een schroef kunnen verkleven. Mede gezien de omvang van de aanpassing koos men daarom voor een ronde trechter met inserts.

Rond

Een ronde trechter zou een hoek van 16 graden moeten hebben, wat de nodige hoogte vraagt. Deze hoek kan echter worden verdubbeld door een trechter-in-trechters toe te passen. De inhoud kan nog worden vergroot door een dubbele trechter in de trechter te plaatsen. Dit concept is experimenteel getest. In theorie kan de trechterhoek met de verticaal 3×16 graden = 48 graden bedragen. Om een extra zekerheid in te bouwen en binnen de bestaande bouwmaten te blijven, is gekozen voor een buitentrechter met een hoek van 36 graden. De grootte van de uitstroomopening en de montagehoogte van de binnentrechters is aan de hand van modellen bepaald.



Modellen

Vanuit de praktijk is bekend dat de minimale uitstroomopening circa 20 cm moet zijn. Omdat de band 22 cm breed is, kan de opening niet veel groter worden. De opening van de drie modeltrechters is daarom op 20 cm gesteld. De hoek van trechter met de verticaal (halve tophoek) bedraagt respectievelijk 14, 25 en 36 graden; met als doel de stroming door de binnenste trechters iets te remmen. De modeltrechters zijn gemaakt van doorzichtig polycarbonaat, zodat de stroming goed zichtbaar is. Uit metingen bleek dat dit materiaal voor het onderhavige product een wandwrijving oplevert die overeenkomt met die van roestvaststaal. Bij een verticale hoogte tussen de openingen van circa 16 cm stroomde het product in de binnenste trechter sneller. Bij een verticale tussenafstand van circa 20 cm was de stroming voldoende gelijkmatig. Het bleek al snel dat enige stilstand tot brugvorming kon leiden. Daarom zijn in het eindontwerp de binnentrechters opgehangen aan stangen, zodat die met behulp van een trilmotor of klopper in beweging kunnen worden gebracht. Om de stroming in de binnenste trechter wat verder af te remmen, is deze nog iets minder steil uitgevoerd. Om massastroming te waarborgen is een hoek van 16 graden gekozen. Bovendien is de uitstroomopening van de buitenste trechters iets groter gemaakt. De trechters zijn glad afgewerkt, om kleven van product aan de wand te vermijden.

Eindontwerp		
trechter	hoek met verticaal	opening, rond
binnenste	16°	200 mm
middelste	28°	210 mm
buitenste	36°	220 mm

CONCLUSIE

Het nieuwe vulsilo volgens het trechter-in-trechter concept werkt goed. De uitstroomopening is voor sommige producten aan de kleine kant, waardoor brugvorming kan ontstaan. Hierdoor kan een volledig gelijkmatige uitstroom niet worden gegarandeerd, wat ook in de praktijk wordt bevestigd. Doordat de trechters echter één voor één worden gevuld, heeft het product veel minder ruimte om te ontmengen. Mede daardoor werkt het concept goed.