

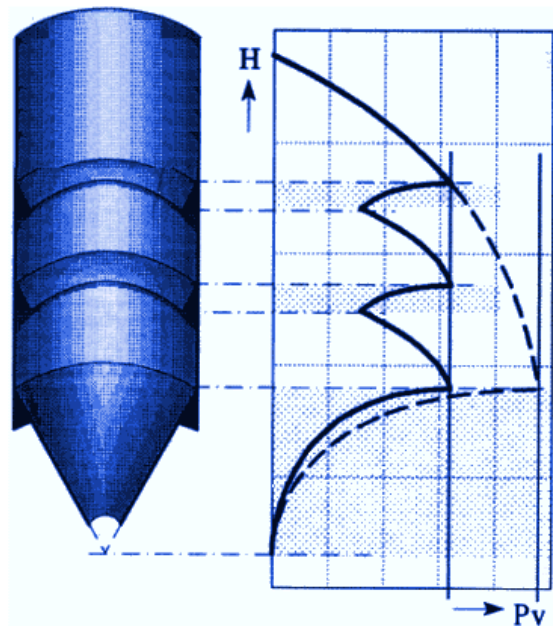
Drukverlaging in silo's

Tussenconussen een betrouwbare optie

Als een bedrijf om wat voor reden ook investeert in grotere silo's, moet men bedacht zijn op problemen. Het stortgoed ondervindt in een grotere silo namelijk een grotere druk. Dat betekent dat de eigenschappen van het stortgoed nadelig veranderen. Er is dus veel aan gelegen om die druk binnen de perken te houden. Een belangrijk instrument daarbij is de wand van de silo. Men kan ringen aanbrengen of de wand coaten. Dit artikel handelt over de toepassing van tussenconussen. Met een goed ontworpen tussenconus bereikt men dat de druk verlaagt, het product weer stroomt en schokken tot het verleden behoren.

door: ir. P.J. van der Kooi

Toenemende capaciteiten of kortere doorlooptijden vereisen soms grotere grondstofvoorraden. Voor bedrijven die hun grondstoffen in silo's opslaan betekent dit een investering in hogere of bredere silo's. Daarmee is echter het probleem niet opgelost. In een grotere silo ondervindt de grondstof namelijk een grotere druk. Hierdoor veranderen de eigenschappen van de grondstof, en meestal niet ten goede. Het opgeslagen product kan breken (degradatie) of samenklonten (versteving), waardoor de uitstroom uit de silo wordt bemoeilijkt of of problemen ontstaan voor het verdere verloop van het proces. Een hoge druk kan verder aanleiding geven tot schokken van de installatie, slecht functionerende trilbodems (dus slechte dosering) en zelfs bezwijkende trechters. Om de druk in de silo omlaag te brengen, moet men zich vooral bezighouden met de wand van de silo.



Schokkende silo

Het schokken van een silo verschillende oorzaken hebben. Een bekende is het optreden van slip/stick. Als gevolg van een variërende wandwrijving kunnen tijdelijke bruggen ontstaan, die bij het instorten zware schokken kunnen veroorzaken. Een andere oorzaak voor schokken is het verstevings- of ontluichtingsgedrag van het product in combinatie met de silogeometrie. Ook de omslag van massa- naar kernstroming in de silo, onregelmatige uitstroom door bijvoorbeeld een asymmetrische opening of een slecht functionerend uitdraagmechanisme kan schokken doen ontstaan. In alle gevallen geldt dat een hogere druk in de silo aanleiding is tot meer en grotere schokken. In de meeste gevallen worden de schokken kleiner als het niveau in de silo daalt. Er is dan een niveau waarbij schokken niet meer optreden. Opvallend is dat het optreden van schokken te maken kan hebben met de geschiedenis van een partij. Zo traden in een ronde silo met melkpoeder (diameter 9 m, hoogte 11 m) traden schokken op boven een vulling van 18 ton als de bunker vol geweest was (50 ton). Werd de bunker met niet meer dan 30 ton gevuld, dan traden helemaal geen schokken op.

Wandwrijving

De druk in een vat met vloeistof neemt naar onderen proportioneel toe. De vloeistofdruk is namelijk alleen afhankelijk het niveau. Bij stortgoed is dit niet zo. De druk in een silo neemt naar onderen minder dan proportioneel toe. Dit is het gevolg van de wrijving tussen het product en de wand van de silo. Het stortgoed 'hangt' als het ware aan de wand, waardoor de druk op de bodem lager is dan men zonder wandwrijving zou verwachten. Het drukverloop is dus afhankelijk van de wandwrijving, maar ook van de verhouding tussen oppervlakte en omtrek van de silo. Men kan hieruit afleiden dat een hoge druk kan ontstaan in relatief hoge of brede silo's en in silo's met een lage wandwrijving. Dit laatste kan zijn oorzaak vinden in het afzetten van vet op wand. Dit laatste komt nogal eens voor bij silo's met veevoerders, bijvoorbeeld sojaschroot. Deel 6 van de DIN 1055 wijst op dit fenomeen. Een lage wandwrijving treedt ook op wanneer het stortgoed de silowand heeft gepolijst. Hiervoor moet sprake zijn van een relatief hard bulkgoed en massastroming in de silo. Een andere oorzaak van ongewenst hoge drukken in het stortgoed is dat de silo wordt gebruikt voor andere grondstoffen dan waarvoor de silo is ontworpen. Ook verandering van de eigenschappen van een grondstof (bijvoorbeeld de bulkdichtheid) kan een oorzaak zijn.

Drukverlaging

In de gevallen waar hoge drukken ongewenste gevolgen hebben, zal men streven naar een drukverlaging. In de praktijk worden diverse methoden gebruikt, die bijna allemaal de wand(wrijving) beïnvloeden. Overigens moet men bedenken dat deze methoden voor een bepaald geval een oplossing kunnen zijn, maar dat ze waarschijnlijk niet werken wanneer in dezelfde silo een ander product wordt opgeslagen. De wandwrijving is immers productspecifiek.

Een aantal mogelijkheden voor drukverlaging zijn:

1. Het plaatsen van ringen;
2. Een rand van gaas aanbrengen;
3. Het maken van een of meerdere tussenwanden;
4. De wand ruwer maken (profileren of coaten);
5. Inserts in de silo aanbrengen;
6. Tussenconussen toepassen.

1) Het plaatsen van ringen in het verticale deel van de silo is constructief eenvoudig. De juiste dimensionering is echter moeilijk. Een te forse ring kan (plaatselijk) aanleiding geven tot kernstroming, waardoor product op de ringen blijft staan. Bij bederfelijk product is dit een probleem.

2) Een verwante methode is het aanbrengen van stroken gaas in de cilinder. Deze stroken worden meestal aan de onderrand bevestigd. Hierbij gelden dezelfde nadelen als bij de ringen. Een bijkomend nadeel is de constructie zelf. Door de hoge belastingen scheurt het gaas zelf of wordt het van de wand gescheurd.

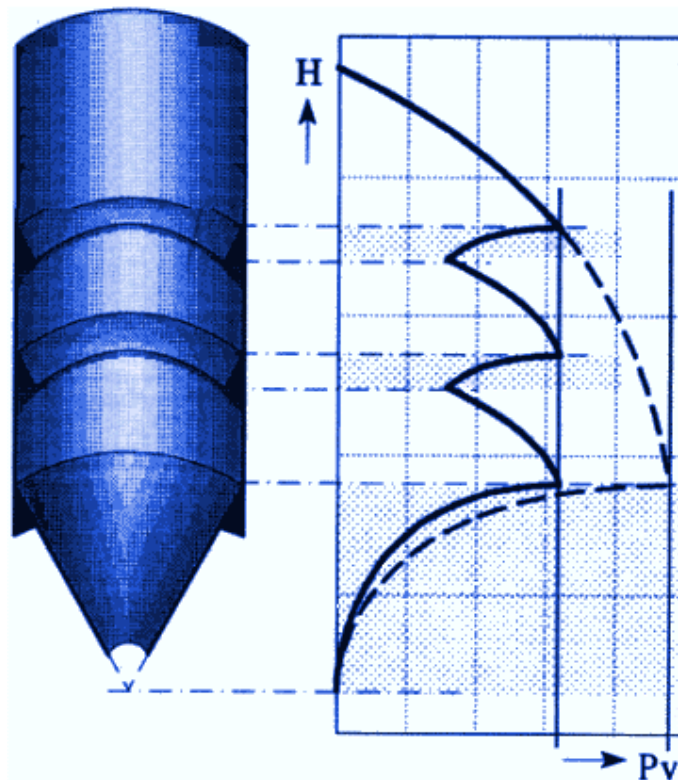
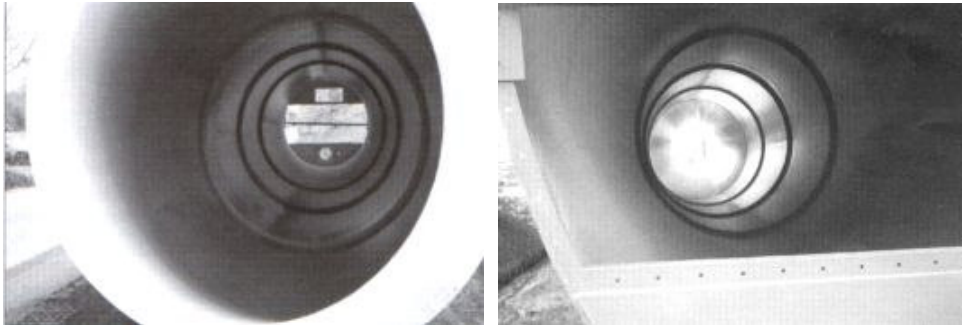
3) Het creëren van meer cellen verkleint de diameter en vergroot het wandoppervlak. Het effect van deze maatregel is goed te berekenen. Het aanbrengen van tussenwanden heeft als bijkomend voordeel dat er verschillende soorten producten kunnen worden opgeslagen. Nadelen liggen vooral op het constructieve vlak. De wand moet solide worden uitgevoerd en de silo moet vaak worden verstevigd op de bevestigingspunten. Dit leidt tot dure constructies. Een nadeel met betrekking tot de stroming is dat de opening excentrisch komt te liggen.

4) Een ruwere wand is effectief en kan over het algemeen redelijk goedkoop worden verwezenlijkt. Wel moet men rekening houden met de grotere vertikaal gerichte wandbelasting. Naast het risico van het ontstaan van dode zones, waarin product achterblijft, bestaat de kans dat de wand op den duur weer glad wordt door slijtage of versmering van het product.

5) Inserts zijn stromingsobstructies. Ze kunnen worden gevormd door platen, kegels, trechttertjes, kettingen, etc. Vanuit de praktijk is bekend dat ze een grote drukafname veroorzaken. Het grootste

voordeel van inserts is dat ze vaak relatief klein kunnen zijn. Hier ligt echter ook het grootste nadeel; het is niet te voorspellen hoe groot de drukafname en daarmee de belasting op de insert zal zijn. Ook de invloed op het stromingspatroon is slecht voorspelbaar.

6) Bij tussenconussen treedt hetzelfde effect op als bij de eigenlijke conus of trechter van de silo. De druk in het stortgoed neemt af, terwijl de belasting op de wand toeneemt. De drukafname en de constructieve belasting zijn goed voorspelbaar. Omdat de drukafname bovenin de trechter het grootst is hebben tussenconussen van beperkte hoogte al een aanzienlijke drukverlaging tot gevolg. Een voordeel van tussenconussen de toepassing ervan zijn dat massastroming gewaarborgd blijft. Bovendien wordt de 'prop' van product die in geval van massastroming naar beneden glijdt ter plaatse van de tussenconussen weer in beweging gebracht. Daarmee wordt inklinken en samenklonten voorkomen. De tussenconus is klein ten opzichte van de diameter en eenvoudig te monteren.



Ontwerp

De goede werking van tussenconussen staat of valt met het ontwerp. Hierbij zijn de volgende aspecten van belang: Het meten van de wandwrijving. Tezamen met de silo-geometrie levert dit de optredende druk (onderbroken lijn in de afbeelding). Het bepalen van de toegestane druk. In bestaande situaties gebeurt dit door het vulniveau vast te stellen waarboven problemen optreden. In andere gevallen kunnen metingen van de producteigenschappen (bijvoorbeeld de versterking) in combinatie met de bedrijfscondities aangeven wat de druk maximaal mag zijn. De drukafname in een conus of tussenconus is afhankelijk van de inwendige wrijving van het product. Deze is te bepalen met de Jenike shear cell. Als daar reden voor bestaat kunnen stromings- en brugvormingsgedrag van het product worden bestudeerd. Met de boogtheorie van Benink wordt aan de hand van de producteigenschappen de drukafname bij toepassing van tussenconussen berekend. Hiermee zijn de afmetingen van de tussenconussen exact te bepalen. Hoe meer tussenconussen gebruikt worden, des te kleiner wordt de gesommeerde hoogte en daarmee het materiaalgebruik. De montagekosten worden echter groter. De constructeur kan dan voor een specifieke situatie het optimale aantal tussenconussen kiezen.

Stick-slip gedrag

Van melk- en weipoeders is bekend dat ze slip/stick-gedrag vertonen. Men spreekt van slip/stick wanneer een product een duidelijk verschillende statische en dynamische wandwrijving heeft. Bij het meten van de wandwrijving van melkpoeder komt dit duidelijk naar voren. Wanneer het monster stil staat is de wandwrijving hoog (stick). Komt het eenmaal in beweging, dan wordt de wrijving lager zodat het monster snel verschuift (slip). Het product komt dan weer tot stilstand en het effect herhaalt zich. Ook zonder meting is van de meeste producten al duidelijk dat ze slip/stick-gedrag zullen vertonen. Het is te voelen wanneer het product bijvoorbeeld in een plastic zak zit. Wordt erin geknepen dat 'piept' het product tijdens het vervormen.

Conclusie

Het vermijden van hoge druk op het product is vooral van belang bij producten die slip/stick vertonen, zoals bijvoorbeeld melk- en weipoeders, of bij "breekbare", plakende en "hakerige" producten. Bij gebruik van grote massastroom-silo's of asymmetrische silo's moet men ten eerste bedacht zijn op de nadelige effecten van een hoge druk. Toepassing van tussenconussen voor drukverlaging heeft een aantal belangrijke voordelen. Het grootste voordeel is de voorspelbaarheid van de drukverlaging betreft. Hierdoor is het aantal en de grootte van de tussenconussen exact te bepalen. Indien grote silo's worden gebouwd voor bijvoorbeeld breekbare producten, verdient het aanbeveling tussenconussen bij de bouw mee te nemen. De kosten zijn dan aanmerkelijk lager dan wanneer ze in een bestaande silo moeten worden gemonteerd.