

Drukverlaging in silo's

Dit is het vervolg op het artikel 'Drukopbouw in de silo' (Solids Processing nr. 4 pag. 64). In het vorige artikel bespraken we wat theoretische mogelijkheden om drukken in opslagsilo's te verlagen. Dit om mogelijke schade aan het opslagproduct te beperken. In dit artikel komt een uitgewerkt praktijkvoorbeeld tot twee opties aan bod voor de uiteindelijke oplossing.

Ir. Gerard Haaker

In een veevoederbedrijf worden veevoederpellets geproduceerd. Die worden vervolgens gedroogd en opgeslagen voor ze in bulk of afgezakt naar de klant worden vervoerd.

De opslag vond in het verleden plaats in relatief kleine opslagsilo's maar door uitbreiding van de productie worden er nu grotere silo's gebruikt. Op zich een goede oplossing met een nadeel. Er trad een aanzienlijk grotere beschadiging van de pellets op. Omdat het type stroming in de grote en de kleine silo's gelijk was, in beide gevallen massastroming, werd de oorzaak van de toegenomen beschadiging geweten aan de hogere druk in de grotere silo's. De vraag is dan natuurlijk: is daar wat aan te doen?.

Uitgangssituatie en mogelijke oplossingen.

De eerder gebruikte kleine silocellen waren rechthoekig, 1,5 x 1 m, met een hoogte van 8 m. De uitstroomtrechter was voldoende steil voor massastroming.

De pellets corresponderen met de volgende grootheden: wandwrijving t.o.v. de cilinderwand $\mu_w = 0,48$, stortgewicht $\gamma = 8 \text{ kN/m}^3$.

Op basis hiervan kan met een gekozen waarde voor $\lambda = 0,4$ met de standaard Janssen-formule de maximaal optredende verticale druk bij volledig gevulde silo worden berekend: $\sigma_z \text{ max} = 12,4 \text{ kN/m}^2$. Deze maximale druk leidde in het verleden niet tot ernstige productbeschadiging. De nieuwe silocellen waren eveneens rechthoekig, 2 x 2,8 m, hoogte 10 m. Ook hierin trad massastroming op. De in deze cellen optredende verticale druk bij volledig gevulde silo bedraagt: $\sigma_z \text{ max} = 23,4 \text{ kN/m}^2$. Deze druk is beduidend hoger dan de oorspronkelijke druk en moest worden verlaagd. Het minder hoog vullen van de silo was hier geen optie want bij

2,3 m vulhoogte wordt de druk al hoger dan in de kleine silo.

Het inbouwen van tussenwanden

In eerste instantie leek het of door het aanbrengen van tussenwanden de druk voldoende kon worden verlaagd. Hiertoe werd de maximaal optredende druk in de cilinder berekend voor een tweetal situaties. Ten eerste bij inbouw van één tussenwand van diverse hoogten. Ten tweede bij inbouw van twee onderling loodrechte tussenwanden van diverse hoogtes.

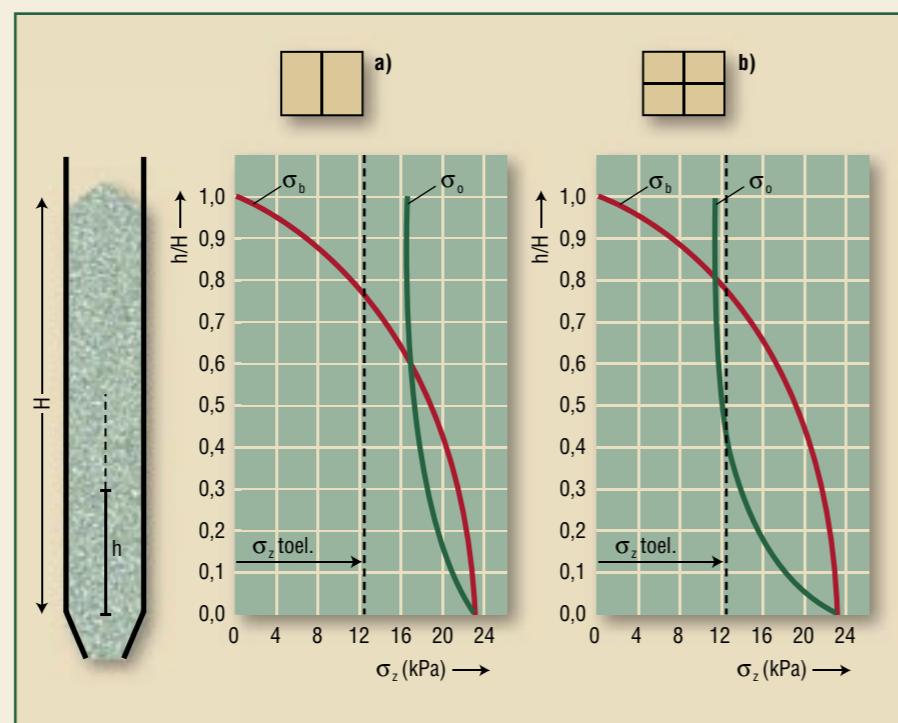
Indien de tussenwand (cq wanden) niet over de volle hoogte van de cilinder wordt(en) ingebouwd, kan de maximale druk zowel onder in de cilinder als bij de bovenkant van de tussenwand optreden. Deze waarden kunnen met een aangepaste versie van de Janssen-formule worden berekend. In figuur 1 zijn de berekende waarden voor de druk σ_z weergegeven als functie van de hoogte van de tussenwand(en), zowel ter plaatse van de bovenkant van de tussenwand (σ_b) als onder in de cilinder (σ_o). De hoogte van tussenwand h is hierbij gevarieerd van $h = 0$ tot bovenin de cilinder waar $h = H$. Figuur 1a geeft de situatie met één tussenwand en figuur 1b met twee tussenwanden weer. In de figuur is tevens de maximum toelaatbare spanning ($\sigma_z \text{ toel.}$) aange-

geven. Uit figuur 1a blijkt dat met de inbouw van één tussenwand de druk niet voldoende kan worden verlaagd. Bij een tussenwandhoogte van ca 7,8 m is de druk bovenaan de tussenwand (σ_b) wel voldoende laag, maar de druk onderin (σ_o) is nog steeds hoger dan de toelaatbare druk. Verhoging van de tussenwand helpt hier verder niet. Toepassing van twee tussenwanden geeft wel een voldoende drukverlaging. Zoals figuur 1b laat zien zijn vanaf een tussenwandhoogte van ca 7,8 m zowel de onder- als de bovendruk gereduceerd tot onder de toelaatbare druk.

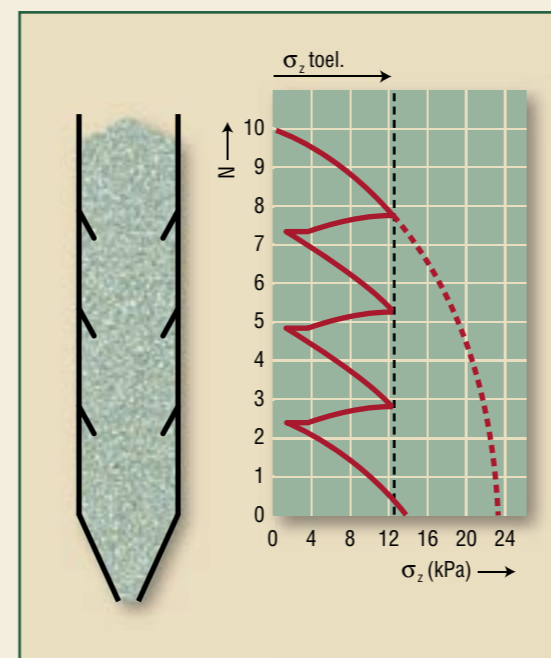
Over de toepassing van tussenwanden voor verlaging van de silodrukken zijn nog de volgende opmerkingen van belang: - Verdere verhoging van de tussenwanden boven het punt waar een voldoende reductie wordt bereikt is meestal niet zinvol. Een verdere drukverlaging wordt niet bereikt.

- Inbouw van tussenwanden heeft wel constructieve consequenties. Een groter deel van de totale silolast wordt hoger in de silowanden opgenomen. De constructie moet hierop worden gecontroleerd en zonodig aangepast.

- Omdat de tussenwanden aan beide zijden worden belast, lijkt het aannemelijk dat deze wanden horizontaal minder hoeven op te nemen. Vanwege de mo-



Figuur1: Drukverlaging door het inbouwen van een of twee tussenwanden met variabele hoogte h .



Figuur2: Drukverlaging door het inbouwen van een of meer tussenconussen in de cilinder. Pas bij een drietal conussen blijkt de druk hier voldoende laag te worden.

gelijkheid van niet-symmetrische stromingen wordt in de bouwnormen echter aanbevolen de tussenwanden als normale silo wanden te berekenen.

- De verticale drukken waarnaar hier is gekeken zijn meestal niet de hoogste drukken in een silo. Ter plaatse van de overgang naar de trechter kunnen piekdrukken optreden die aanzienlijk hoger zijn. Deze piekdrukken treden echter zeer lokaal op en bovendien worden ook deze piekdrukken in dezelfde mate gereduceerd als de verticale drukken.

Het inbouwen van een of meer tussenconussen

Een andere mogelijkheid voor het verlagen van de drukken was het inbouwen van een of meerdere tussenconussen. Door een tussenconus met een hoogte $h = 0,5 \text{ m}$ kan de verticale druk tot circa een kwart van de oorspronkelijke grootte worden gereduceerd. Op basis hiervan kan worden berekend dat ten minste drie tussenconussen nodig zijn om de druk overal onder het toelaatbare niveau te houden. De situatie is weergegeven in figuur 2. Toepassing van een tussenconus heeft als consequentie dat ter plaatse van deze conus een aanzienlijk verticale last door de wand moet worden opgenomen. Hiertoe zal de constructie zeker lokaal moeten

worden versterkt. Toepassing van drie tussenconussen was constructief dus zeker niet aantrekkelijk.

Om deze reden werd besloten om voor het probleem met de veevoederpellets te kiezen voor de oplossing met tussenwanden.

Praktische verificatie

Om te controleren of de gekozen methode voor het verlagen van de druk ook werkelijk in de praktijk tot een kleinere productbeschadiging zou leiden, zijn wat tests uitgevoerd.

In een van de nieuwe cellen zijn twee onderling loodrechte tussenwanden met een hoogte van 7,5 m aangebracht. Deze cel en de ernaast gelegen ongewijzigde cel zijn vervolgens om en om met lagen

pellets gevuld. Zodanig dat in beide cellen een vergelijkbaar product was opgeslagen. Tijdens het vullen zijn uit de vulstroom een aantal monsters genomen.

Na het vullen zijn beide silocellen geleegd waarbij op vaste tijdstippen monsters uit de productstroom zijn getrokken.

Van al deze monsters is door tellen en meten (een waar monnikenwerk!) de gemiddelde lengte van de pellets bepaald als vergelijkingsmaatstaf voor het optreden van de mate van productbeschadiging. De gemiddelde lengte van het materiaal vóór de silo was 16,8 mm. Na opslag in de silo-cel zonder tussenwanden was deze lengte teruggelopen tot circa 12,5 mm. Bij de cel met tussenwanden was de lengte verminderd tot ca 14,4 mm. Hoewel er dus, zoals ook verwacht, nog steeds beschadiging van het product optreedt, is door het inbouwen van de tussenwanden wel een aanzienlijke verbetering opgetreden.

Tijdens de tests zijn beide gebruikte cellen direct volledig geleegd zodat een deel van het opslagproduct niet onder de hoge drukken heeft gestaan. In de praktijk worden de cellen vaak niet steeds totaal geleegd maar geregeld worden nagevuld. Daardoor komt wel meer materiaal onder de hogere drukken te staan. In dat geval zal de verbetering door de tussenwanden nog groter uitpakken. ■



QuarryMaster® Kegelmotorreductor

De specialist voor outdoor-toepassingen garandeert optimale prestaties, ook onder de zwaarste omstandigheden. De symmetrisch gedeelde behuizing met geïntegreerde momentsteun is servicevriendelijk. Naast de betrouwbaarheid van de QuarryMaster® garandeert Stiebel snelle service en korte levertijden!



QuarryMaster®