

Inserts genereren gewenst stromingsgedrag

Verbeterendelementen in silo's

Bij het ontwerpen of rooveren van een silo voor de opslag van stortgoed moet vaak aan een groot aantal procesvoorwaarden worden voldaan. Om aan al de eisen tegemoet te komen, zijn vaak elementen nodig die de werking van de silo verbeteren. Deze elementen worden in het vakgebied meestal aangeduid als inserts. In dit artikel zal nader worden ingegaan op de mogelijke toepassingen van deze inserts. In een volgend artikel zal de (vaak onderschatte) belasting op dergelijke inbouwelementen aan de orde komen.

Eerst een aantal procesvoorwaarden op een rijtje. In ieder geval moet het gewenste stromingspatroon in de silo optreden. Meestal is dat massastroming met een First-in-First-out-volgorde. Verder zal vaak ontmenging moeten worden voorkomen, zal de uitdraagapparatuur een ongestoorde uitstroming moeten garanderen, zullen geen hinderlijke trillingen of stoten mogen optreden

en moet de silo zonder problemen de optredende belastingen kunnen doorstaan.

Doel en werkingwijze

Inserts in silo's worden om allerlei redenen toegepast. In principe zijn het inbouwelementen die met een specifiek doel het stroomgedrag van het materiaal en/of het spanningsverloop in de silo gunstig beïnvloeden. De voornaamste redenen om een of meer typen inserts toe te passen, komen hier achtereenvolgens aan de orde.

Bevordering van een massastroom profiel

Bij het stromen van opslagmateriaal in een silo kunnen in principe twee hoofdtypen stroming optreden, kernstroming of massastroming. Bij massastroming is al het materiaal in de silo in beweging zo gauw materiaal wordt onttrokken. Er treden dus geen dode zones op met kans op bederf of veroudering. Er zal steeds sprake zijn van First-in-First-out en eventuele bij het vullen opgetreden horizontale ontmenging wordt weer hersteld bij het uitstromen van het materiaal.

Bij kernstroming treedt slechts stroming op in interne stroomkanalen die in het materiaal ontstaan. Dode zones kunnen lang blijven bestaan, er treedt geen First in First out op en eventuele ontmenging wordt niet hersteld.

Vanwege de gunstige eigenschappen wordt ook meestal voor massastroming gekozen. Maar daarvoor is een vrij steile, gladde uitstroomtrechter nodig. Deze moet soms zo steil zijn dat het constructief niet meer haalbaar is. Dan, maar ook wanneer een bestaande silo met een niet voldoende steile trechter moet worden omgebouwd, kan inbouw van een extra conus uitkomst bieden. Dit zal vooral nodig zijn bij ronde of vierkante silo's waarin een axiaalsymmetrische stroming plaatsvindt. Door het inbouwen van een geschikte conus gaat de stroming rond de inbouwconus over in een soort vlakke stroming.

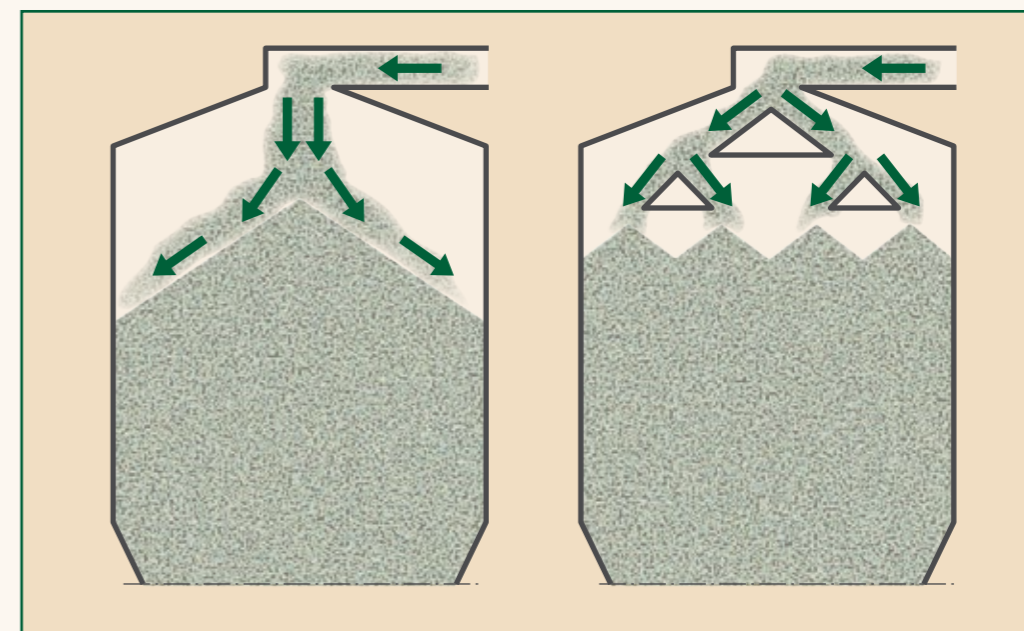
Daardoor kan ook bij een minder steile conus nog massastroming optreden (zie figuur 1A).

Van de silo zonder inbouwconus en met axiaalsymmetrische stroming is de eigen conus niet steil genoeg en zal slechts kernstroming optreden (punt A in de figuur). Inbouw van de extra conus leidt tot een vorm van vlakke stroming rond de insert, waarbij punt A in het massastroomgebied voor vlakke stroming ligt. Voorwaarde is wel dat zowel de oorspronkelijke conushoek als de extra conus nu steil genoeg zijn voor vlakke massastroming.

Naast de in figuur 1A getekende enkele conus wordt ook wel een systeem met een dubbele conus toegepast. Dan komt er onder de bovenconus nog een omgekeerde conus (figuur 1B). Een derde mogelijkheid is de cone-in-cone, waarbij in de silotrichter een extra open trechter is aangebracht met een voldoende steile helling voor massastroming, zie figuur 1C. Deze laatste oplossing impliceert in tegenstelling met de andere twee geen verdringerlichaam maar een conus waar het materiaal gewoon doorstroomt.

Dan leidt de binnenconus niet alleen (indien correct ontworpen) tot massastroming maar creëert ook een snelheidsverschil tussen binnen en buitenstroming. Hiervan wordt ook gebruik gemaakt indien extra menging (homogenisering) van het materiaal wordt gevraagd.

Alle hiervoor genoemde inbouwconussen kampen met het probleem dat afmetingen en plaatsing voor een optimaal effect moeilijk zijn te voorspellen. Numerieke simulaties en (beperkt) experimenteel onderzoek hebben aangetoond dat de enkele en dubbele conus vrij hoog moeten worden ingebouwd, dus dicht bij de overgang cilinder/conus dan dieper in de conus. Wel dient de maximale diameter van de insert altijd beneden deze overgang te liggen.



Figuur 2: Voorbeeld van een silo met ingebouwde verdeelkegels. Dit voorkomt lange opstorthellingen met minder ontmenging tijdens het vullen als gevolg

Voorkoming van ontmenging

Materiaal met een gemengde samenstelling en variatie in korrelgrootte en/of korrelgewicht kan al tijdens het vullen van de silo ontmengen. Deze ontmenging (segregatie) vindt vooral plaats indien tijdens het vullen in de silo één storhoopt wordt gevormd met lange hellingen. Langs een dergelijke helling zullen de grotere (cq zwaardere) deeltjes lager op de helling terecht komen. Omdat de kleinere (lichtere) deeltjes wel hoger op de helling blijven liggen, treedt ontmenging op. Dit kan worden tegengegaan door op meer plaatsen te vullen zodat meerdere kleinere storhopen ontstaan met navenant kleinere hellingen en minder ontmenging. Een alternatief is op één plaats vullen maar de toevoerstromen scheiden in meerdere kleine, verdeelde stromen door het inbouwen van een of meer verdeel-systemen. Hiervoor zijn in de loop der tijd diverse varianten bedacht. Vaak ook volstaat het aanbrengen van een of meer goed gepositioneerde

verdeelkegels, zogenaamde Chinese hoedjes (figuur 2). Bij een mengsel met een zeer fijne fractie treedt een ander mechanisme op. De fines komen door de optredende luchtstromen voornamelijk aan de wand en bovenop terecht. Dat resulteert in verticale ontmenging die door een verdeelmechanisme niet is te voorkomen noch door massastroming is op te heffen.

Homogeniseren

Het opslagmateriaal is vaak niet overal in de hele silo van dezelfde samenstelling. Soms treedt ontmenging op voor of tijdens het vullen of de silovulling bestaat uit verschillende wat afwijkende batches van een product. Om toch een zo homogeen mogelijk materiaal aan de silo te onttrekken, wordt op meerdere plaatsen tegelijk materiaal onttrokken. Een alternatief is snelheidsverschillen in de uitstroming aan te brengen zodat als het ware een hermenging wordt verkregen. Figuur 3A geeft twee voorbeelden van het

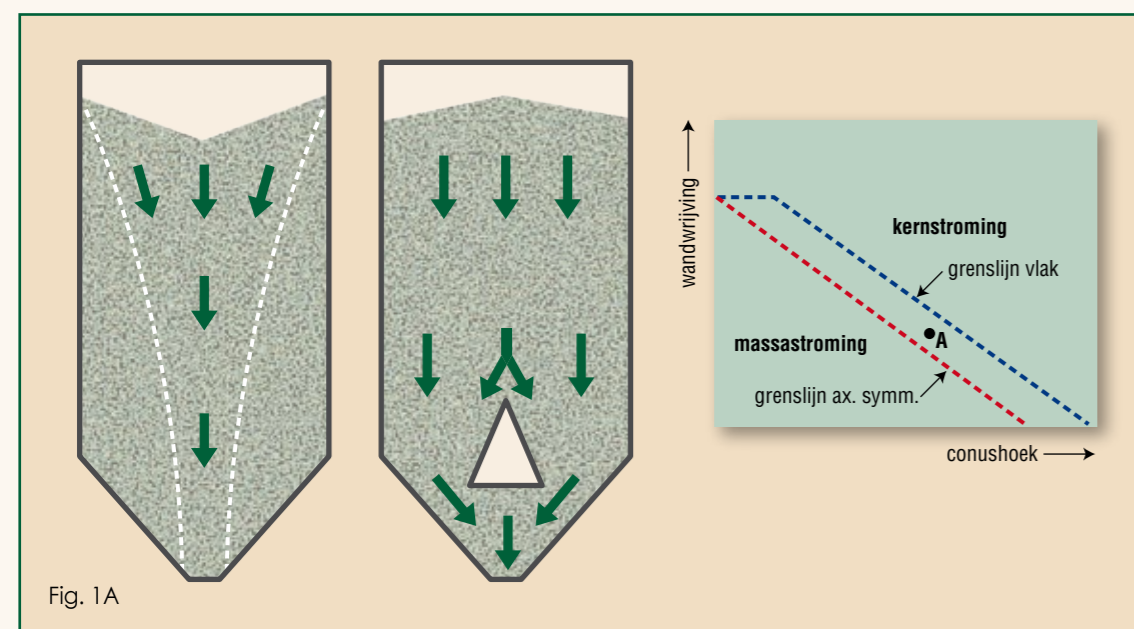


Fig. 1A

Figuur 1: Door inbouw van een geschikte extra conus in de uitlooptrechter kan ook bij een te stompe silohoek nog een vorm van massastroming worden verkregen. Rond de inbouwconus ontstaat een vlak stromingsprofiel dat ook bij minder steile hoeken nog massastroming genereert (zie punt A). De figuur vergelijkt drie typen inbouwconussen

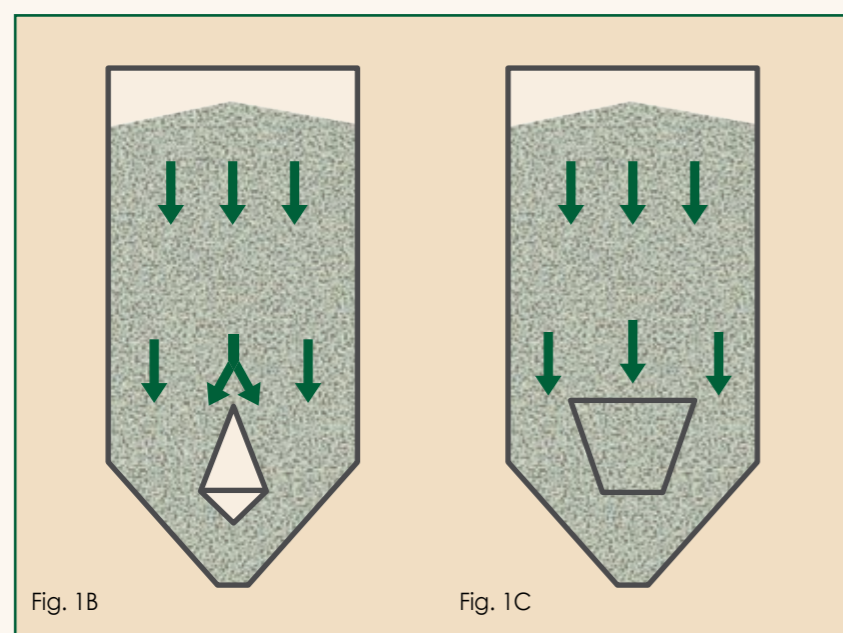


Fig. 1B

Fig. 1C

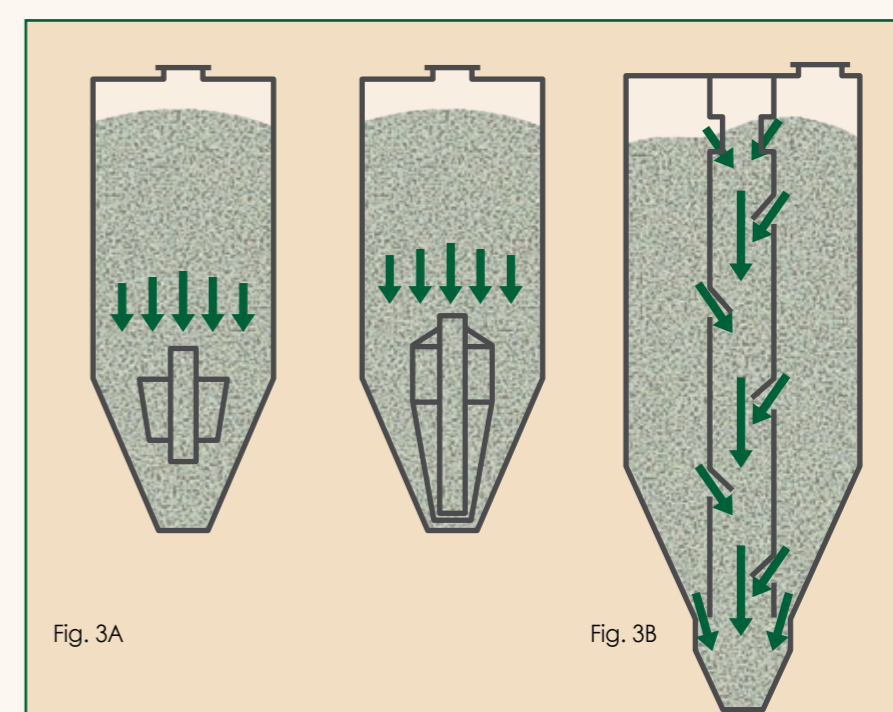
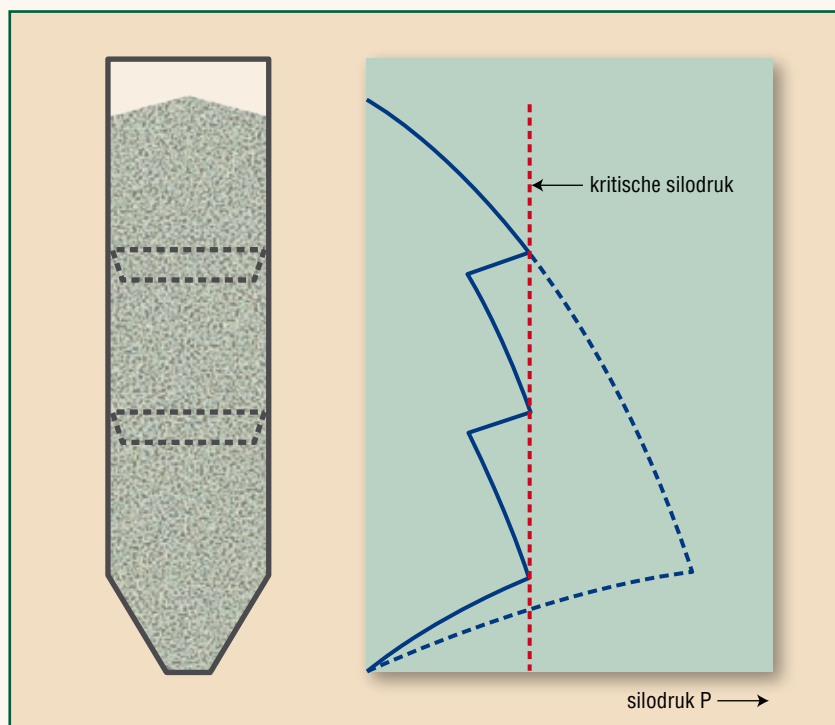


Fig. 3A

Fig. 3B

Figuur 3: Door het inbouwen van geschikte inserts in de uitstroomconus ontstaan verschillen in de uitstroomsnelheid van het materiaal. Hierdoor treedt weer een zekere mate van menging op (homogenisatie, zie 3A). Bij wat hogere silo's kan met een uitstroompijp met diverse toevoeropeningen hetzelfde resultaat worden bereikt (3B). Soms wordt ook gerecirculeerd om een voldoende homogenisatie te bereiken



Figuur 4: Door het inbouwen van een of meer tussenconussen in de cilinder kan de druk in een silo aanzienlijk worden verlaagd. Dit resulteert in een lagere intensiteit van optredende trillingen of stoten en daarmee in minder productbeschadiging

inbouwen van inserts in de siloconus die moeten zorgen voor vrij grote verticale snelheidsverschillen tussen het centrum en de meer naar buiten gelegen delen. Omdat de mengwerking hier grotendeels in en vlak boven het hoppergedeelte plaatsvindt, zal voor slanke hoge silo's de hermenging niet optimaal zijn. Daar past beter het inbouwen van een of meerdere verticale pijpen over de nagenoeg volle hoogte van de silo voorzien van openingen die het materiaal op diverse hoogtes aan de silo onttrekken (figuur 3B). Voor alle hierboven genoemde mogelijkheden voor homogenisatie geldt overigens dat de eerste hoeveelheid die wordt onttrokken nog niet hermengd zal zijn en dus op een andere wijze zal moeten worden gerecirculeerd. Bij andere systemen voor homogenisatie wordt interne recirculatie toegepast om hermenging te bereiken. Dit kan via een centraal ingebouwd pijpsysteem waarbij het materiaal op diverse plaatsen in de pijp stroomt en mechanisch of via een luchtstroom naar boven wordt getransporteerd. Daar komt het dan weer op het oppervlak van het opslagmateriaal terecht.

Een andere manier om te hermengen, betreft compartimentering. Dit kan door over de silohoogte een aantal verticale interne scheidingswanden aan te brengen. Hierdoor ontstaat een aantal afzonderlijke compartimenten die onder in de conus weer bij elkaar komen. Bij het vullen moeten de segmenten niet gelijktijdig maar achtereenvolgens wor-

den gevuld. Door bij het leegstromen wel weer gelijktijdig materiaal aan de compartimenten te onttrekken, ontstaat menging van het product.

Drukverlaging

De hoge drukken die zeker in de wat grotere silo's kunnen optreden, leiden soms tot ongewenste beschadiging van het opslagproduct. Dat en het verminderen van de intensiteit van optredende trillingen en stoten vormen redenen om hoge stortdrukken te vermijden. De trillingen zijn weliswaar niet geheel te voorkomen maar leveren beduidend minder schade op als de druk in de silo lager is. Hulpmiddelen voor een verlaagde stortgoeddruk zijn het verhogen van de wandwrijving door een geschikte coating, het inbouwen van drukopnemende elementen dan wel een of meer tussenwanden in de cilinder plaatsen. Deze ingrepen leiden echter niet altijd tot een voldoende verlaging van de druk. Een betere oplossing lijkt het aanbrengen van een of meer tussenconussen aan de wand van de cilinder. Een dergelijke conus is al bij een vrij geringe hoogte in staat om de verticale druk aanzienlijk te verlagen. Toepassing van meerdere conussen houdt de druk vaak beneden een bepaald kritisch nivo (figuur 4). Soms kan drukverlaging niet voldoende de zware stoten tijdens het uitstromen van een silo voorkomen. Hier bepaalt ook de hoeveelheid materiaal die plotseling op gang komt en weer wordt afgeremd de stootkracht. Een oplossing

biedt een centrale ontlastingspijp in de silo. Door toevoergaten aan de bovenkant van de pijp stroomt een gedeelte van het materiaal zodat geen stroming langs de wand of in de rest van het materiaal plaatsvindt. Het komt het First-in-First-out-principe niet helemaal ten goede maar zwaar stoten wordt voorkomen.

Uitstroming bevorderen

Een eerste soort inserts zijn in de conus of aan de conuswand bevestigde elementen die moeten zorgen voor beweging in het (meestal slecht stromende) stortgoed, zoals trillers, schrapers en woelers (de zogenaamde flow-promoting devices).

De tweede groep inserts verzekert de gebruiker van een goede werking van het eigenlijke uittrekmechanisme door de verticale druk hierop te verminderen. Denk bijvoorbeeld aan een trilbodem die rechtstreeks of via een vrij korte conus onder het cilindrisch deel van de silo is aangebracht. Om uitstroomproblemen door de hoge druk op de trilbodem te voorkomen, helpt het aanbrengen van een schotelvormige plaat boven de trilbodem die een fors deel van de druk opneemt.

Silo verstevigen

Inserts voor versteviging van een silo komen meestal voor bij wat grotere silo's met een rechthoekige dwarsdoorsnede. Om de spanwijdte van de lange wanden te verkleinen en daarmee ook de uitbuiging te verminderen, wordt soms ter ondersteuning van de wanden gebruik gemaakt van trekstangen of trekkabels die dwars door de silo worden aangebracht. Deze trekstangen kunnen een fors deel van de horizontale wandbelasting opnemen maar zullen door het opgeslagen materiaal ook verticaal worden belast.

Bijna alle hierboven genoemde inserts bevinden zich in het materiaal dat in de betreffende silo wordt opgeslagen en beïnvloeden daarmee zowel de stroming als de belastingen op de silowanden en in het materiaal zelf. Maar omgekeerd zal er ook een belasting zijn vanuit het (meestal om de insert stromende) stortgoed op het inbouwelement zelf. Deze belasting laat zich vaak moeilijk voorspellen, maar blijkt gezien het feit dat er nog al eens schade optreedt, vaak te worden onderschat. Hier zal in een volgend artikel wat nader op worden ingegaan. ■