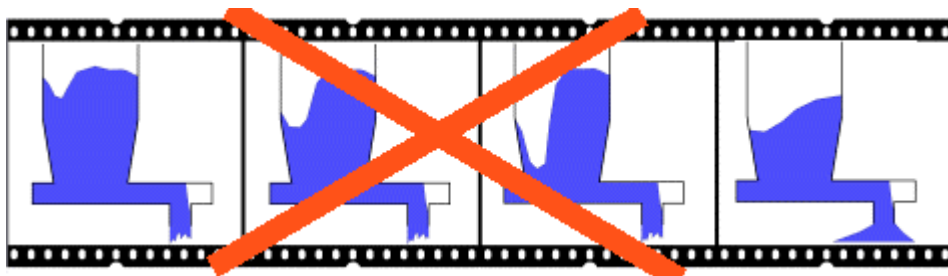


Uitdraagschroef: gelijke spoed is zelden goed

Goed ontworpen schroef draagt product volledig uit

Bij het uitdragen en doseren van poeders uit een silo of bunker worden vaak schroeven toegepast. Dit heeft een aantal voordelen, waaronder het vermijden van vervuiling van poeder en omgeving, een goede dosering en een groot capaciteitsbereik. Bovendien heeft een langwerpige opening voordelen met betrekking tot de stroming van het product. Als een uitdraag- of doseerschroef echter niet goed ontworpen is, dan kunnen kernstroming of brugvorming optreden. Ook bestaat het risico dat het product doorschiet en onbeheersbaar uitstroomt (flooding) of kan de schroef op sommige punten overmatige slijtage te zien geven. Een goed ontwerp, waarbij spoed en kerndiameter zijn afgestemd op de eigenschappen van het product, voorkomt deze problemen.

door: ir. P.J. van der Kooij, 1998



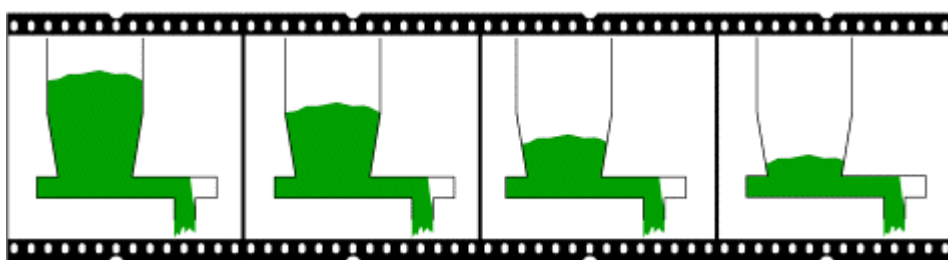
Ongewenst stromingspatroon

Inleiding

In een proces worden diverse stoffen aangevoerd of toegevoerd. Grondstoffen worden vaak gebruikt in de vorm van bulkgoed, maar ook bij processen met voornamelijk vloeistoffen of gasen moeten regelmatig poedervormige stoffen worden toegevoerd. De dosering is hierbij van groot belang. Te veel of te weinig veroorzaakt een slechte kwaliteit van het eindproduct. Ook al betreft het een goedkoop vulmiddel, stagnatie kan tot hoge kosten leiden, omdat het proces gedurende een bepaalde tijd niet de gewenste productie levert.

De silo of bunker waarin het poeder wordt opgeslagen, verdient daarom de nodige aandacht. In een dergelijke bunker moet massastroming optreden (zie het artikel 'Silo-ontwerp'), omdat kernstroming nadelen heeft met betrekking tot stroming, veroudering en productdegradatie. Verder mag in een bunker natuurlijk geen brugvorming optreden. Aan een proces toegevoegde poeders zijn dikwijls zeer fijn en adhesief. Vaak hebben ze een groot specifiek oppervlak of een open korrelstructuur, om opname of reactie goed te laten verlopen.

Dit leidt ertoe dat deze poeders slechte stromingseigenschappen hebben. Om deze redenen is toepassing van een wigvormige trechter (een trechter met twee verticale wanden) gewenst. Zowel wat betreft het stromingspatroon als brugvorming biedt dit type trechter voordelen ten opzichte van een ronde of vierkante trechter. Het is dan wel van groot belang dat het poeder over de volle lengte aan de opening wordt onttrokken. Hier kan een uitdraagschroef goede diensten bewijzen.



Gewenste uitstroom

Uitdraagschroef

Een uitdraagschroef (oftewel een doseerschroef, doseervijzel of screw feeder) is een schroef die direct onder de silo-opening is geplaatst. Het product in de silo staat dan op een deel van de schroef. De uitdraagschroef is (werkt) daarom duidelijk anders dan de transportschroef, waar het product wordt toegevoerd met een capaciteit die kleiner is dan van de schroef, die daardoor nooit voor 100 procent is gevuld.

Een uitdraagschroef wordt veel toegepast voor het doseren van poeders uit een (wigvormige) trechter. De redenen hiervoor zijn:

- Een gelijkmatige onttrekking van het poeder is goed mogelijk, zodat massastroming ontstaat.
- De schroef is gesloten, zodat er geen risico van vervuiling van het poeder of de omgeving bestaat.
- Een goede dosering is mogelijk, met een breed capaciteitsbereik.
- De levensduur van de schroef; eventueel is deze slijtvast uit te voeren.
- De schroef is goed bestendig (te maken) tegen bijvoorbeeld hoge temperatuur, agressieve milieu's, etc.

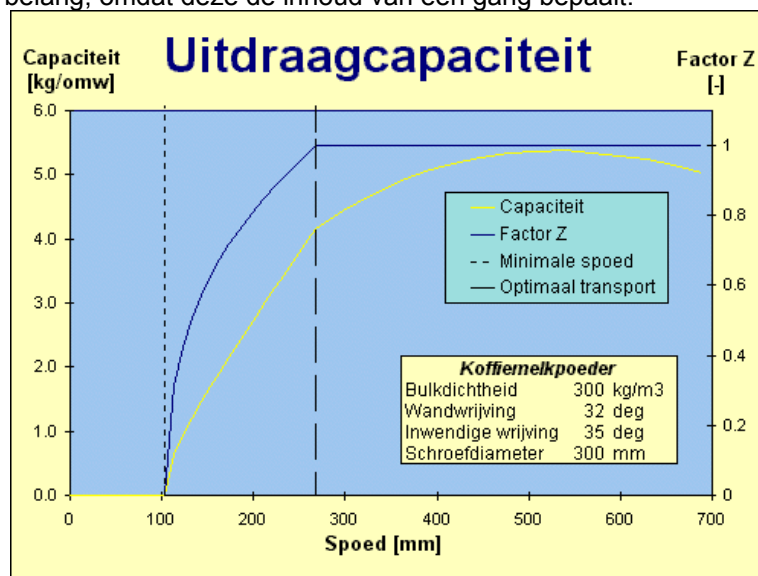
Willen deze voordelen echter gelden, dan is een goed ontwerp van de schroef noodzakelijk.

Werking

Het transport door een schroef (of vijzel) komt tot stand door de wrijving van het product met de goot eromheen. Het werkingsprincipe komt overeen is te illustreren met dat van een wenteltrap. Een voorbeeld: een proefpersoon staat op een bepaalde trede van een wenteltrap. Als deze trap wordt rondgedraaid, dan draait hij op dezelfde hoogte rond. Als de proefpersoon echter tegen de muur gaat staan die rondom de trap is gebouwd is, en als de trap gaat draaien, dan verandert de situatie. Er zijn twee opties:

1. De kan proefpersoon blijven staan, waardoor de muur horizontaal langs hem heen schuurt.
 2. Hij blijft op dezelfde positie tegen de muur staan. Hij moet dan wel telkens een stapje omhoog.
- Bij optie 2 'schuurt' hij in verticale richting langs de muur. Welke optie de proefpersoon kiest, hangt af van de hoogte van de treden, Hij zal de weg van de minste weerstand kiezen.

Vertaald naar een schroef betekent dit dat het transport afhankelijk is van de wrijving tussen het product en het schroefblad, het product en de goot of buis en de wrijving van het product zelf (in het deel onder de silo). De hoogte van de treden komt tot uitdrukking in de bladhoek. Die wordt gevormd door de spoed en de schroefdiameter. Verder is ook de kerndiameter (de diameter van de as waarop de bladen zijn bevestigd) van belang, omdat deze de inhoud van een gang bepaalt.



Spoed

Wat betreft het capaciteitsverloop van een uitdraagschroef zijn er drie mogelijkheden.

1. De minimale spoed. Beneden deze spoed treedt in het geheel geen transport op.
2. De spoed waarbij optimaal transport optreedt. Beneden deze spoed is nog niet 100 procent van het product in beweging.
3. De maximale spoed. De spoed is nu zo groot, dat een verdere toename de werking negatief beïnvloedt, waardoor de capaciteit afneemt.

De ligging van deze punten is afhankelijk van kerndiameter, schroefdiameter en producteigenschappen.

Mimimale spoed							
Invloed van de wandwrijving (ϕ_iW) en de inwendige wrijving (ϕ_iE) op de minimale spoed.							
Ondergrens min. spoed [mm]				Bovengrens min. spoed [mm]			
ϕ_iE :	30°	40°	60°	ϕ_iE :	30°	40°	60°
ϕ_iW				ϕ_iW			
20°	43	29	15	20°	198	131	54
30°	--	47	23	30°	--	143	58
40°	--	--	32	40°	--	--	62
Schroefdiameter				200 mm			
Gootdiameter				210 mm			
Kerndiameter				168.3 mm			

ad 1 Ondergrens minimale spoed

Is de toegepaste spoed kleiner dan de minimale spoed, dan zal het product tussen de bladen ingeklemd blijven zitten en draait het product mee. De kerndiameter speelt hierbij ook een rol. Is deze groter, dan is het bladoppervlak kleiner. De minimale spoed wordt daarmee groter. Verder is de wandwrijving en de inwendige wrijving van belang. In tabel 1 zijn waarden voor minimale spoed (ondergrens) berekend. Hierbij is de wrijving tussen product en goot en product en schroefblad gelijk verondersteld. Bij een spoed groter dan minimaal, het gebied tussen 1) en 2) wordt de effectiviteit van transport uitgedrukt in de factor Z.

ad 2 Bovengrens minimale spoed

De spoed waarboven de werking optimaal is wordt de bovengrens van de minimale spoed genoemd. Net als de ondergrens van de minimale spoed hangt de waarde af van de schroefafmetingen en de productgegevens. Boven deze bovengrens neemt de capaciteit in eerste instantie vrijwel lineair toe met de spoed. Bij een steeds groter wordende spoed echter, stijgt de capaciteit minder. Bij het ontwerp is dit laatste deel niet te gebruiken. Als de capaciteit minder toeneemt dan de positie op de schroef verlangt, heeft vergroting van de spoed geen effect meer.

ad 3 Maximale spoed

Boven een maximale spoed loopt de capaciteit terug. Het schroefblad glijdt dan onder het product door. In het ontwerp mag een spoed groter dan deze niet voorkomen. Gebeurt dat wel, dan is de situatie vergelijkbaar met een verkleining van de spoed. Hiervan is bekend dat dit leidt tot verklemming. Het benodigde vermogen schiet omhoog, wat kan resulteren in beschadiging van de schroef.



Ontwerp

Bij het ontwerp van een uitdraagschroef is het doel de capaciteit van de schroef gelijkmatig over de lengte te laten toenemen. De ontwerpprocedure verloopt als volgt: De wandwrijving op het materiaal van goot en schroefblad en de inwendige wrijving van het product worden gemeten. Vervolgens wordt het capaciteitsverloop rondom de maximale spoed berekend. Aan de hand hiervan wordt vastgesteld wat de maximaal toe te passen spoed mag zijn.

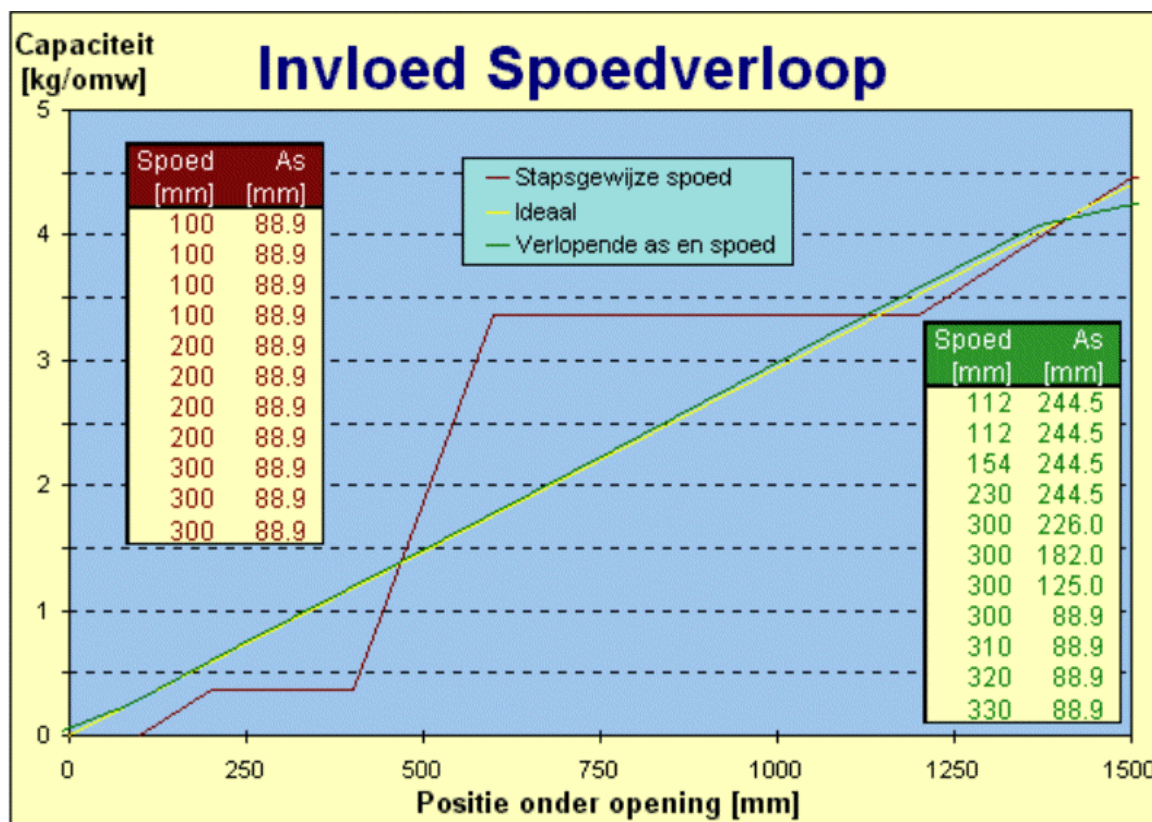
De gewenste capaciteit en de spoed bepalen vervolgens het toerental, de schroefdiameter en de kerndiameter bij de uitstroom. Dit bepaalt de toename van de capaciteit per lengte van de schroef. Daarna kan de invulling van de kerndiameter en de spoed plaatsvinden.

Als eerste wordt de begin-kerndiameter gekozen, die bij korte schroeven in sommige gevallen hetzelfde kan zijn als de kerndiameter aan het eind.

Vervolgens wordt de minimale spoed berekend en wordt de beginwaarde van factor Z gekozen. Het sprongetje in capaciteit dat hierdoor ontstaat wordt eventueel weggewerkt met een extra stukje gang met de beginspoed. De spoed neemt toe totdat optimaal transport wordt bereikt. Als de kerndiameter in het begin groter is dan aan het eind, wordt de afname van de as bepaald.

In het laatste deel neemt de spoed weer toe, tot aan de eerder bepaalde maximale waarde bij het verlaten van de bunker. In de transportsectie van de schroef (na de bunker) neemt de spoed nog iets toe, om de vulgraad te verminderen. Het resultaat van deze procedure is een (bijna) gelijkmatige onttrekking van het product over de lengte van de schroef.

Hierdoor zullen er geen stilstaande gebieden in de silo zijn -- mits de silo goed is ontworpen -- en is de kans op brugvorming en doorschieters minimaal.



Ter vergelijking is in bovenstaande afbeelding ook het verloop van de capaciteit bij een stapsgewijs spoedverloop weergegeven. Doordat er op sommige plaatsen geen transport of toename van capaciteit is, is het risico op stilstaande gebieden groot.

Vermogen

Aan de hand van de afmetingen van de schroef, het spoedverloop en de producteigenschappen kunnen ook het benodigde aandrijfmoment en -vermogen worden berekend. Hier komt het verschil tussen uitdraagschroef en transportschroef duidelijk naar voren. Door de grotere vulgraad van de uitdraagschroef (onder de silo 100 procent en daarna vaak minstens 80 procent) en doordat er in het deel onder de silo een druk wordt uitgeoefend op het product in de schroef, zijn het benodigde aandrijfmoment en -vermogen duidelijk hoger dan bij een transportschroef. Hiermee moet dus terdege rekening gehouden worden bij de keuze van de aandrijving. Aan de hand van afschatting van de silodruk bij stilstand van de schroef kan ook een aanloopmoment worden vastgesteld. Dit kan worden onderzocht of de motor, de reductor en eventueel de frequentieregelaar dit kunnen opbrengen.

Aandrijving		
Afmetingen		
Diameter van de schroef		300 mm
Schroeflengte onder de hopper		1500 mm
transportsectie		600 mm
Gewenste capaciteit		3.0 ton/hr
Silodruk		
	opstart	continu
Bij vullen en legen	9.0	2.3 kN/m ²
Berekend		
Aandrijfmoment	1.4	0.4 kNm
Benodigd vermogen	1.8	0.5 kWatt