

Stromingspatronen

Wandwrijving lijkt soms een lastig fenomeen. Maar als je weet hoe het werkt, biedt het ook voordelen. Wat zouden we zijn zonder. Voor slijtage biedt het weer veel nadelen. Maar er op inspelen kan een hoop ellende voorkomen.

(ir. Gerard Haaker en ir. Piet van der Kooij)

Stel dat u op een ochtend wakker wordt, en er is geen wrijving meer. In de nacht is alles bedekt met een spekglad laagje, en alles wat u aanpakt glijdt u door de vingers. Wat nu? De auto wil waarschijnlijk nog wel starten, maar rijden ho maar. De wielen slippen door omdat er geen grip meer is op de weg. Spijkerbanden zou misschien nog helpen, maar een bocht komt u niet door en remmen is er ook niet bij. Ook het openbaar vervoer ligt stil, want die kampt met hetzelfde probleem. U besluit maar zolang thuis te blijven en probeert de krant uit de bus te trekken. Ook dat valt niet mee, maar met een beetje dubbelvouwen lukt het toch. Langzaam realiseert u zich dat wrijving toch wel een belangrijke rol speelt in de manier waarop wij de wereld hebben ingericht. Al Gore zal wel blij zijn als er geen wrijving meer is, want er gaat nogal wat energie mee verloren, maar voorlopig kunnen we niet zonder. Ook in het vakgebied Solids-processing blijkt wrijving een belangrijke rol te spelen, en dan speciaal de wrijving die optreedt tussen product en wand. Hierover gaat dit verhaal.

De rol van wandwrijving in opslag, transport en unit operations

De rol die wandwrijving hier speelt kan aan de hand van een aantal voorbeelden worden verduidelijkt.

a: bij de opslag van stortgoed in silo's. Hier kunnen we in het algemeen een vier-voudige invloed onderscheiden:

1. Invloed op het stromingspatroon. Het al of niet optreden van massastroming in een silo wordt in hoofdzaak bepaald door de combinatie van wandwrijving en trechterhoek. De inwendige wrijving speelt hierbij slechts een geringe rol.
2. Invloed op wand- en bodemdrukken. Dankzij de wrijving langs een silowand worden de drukken in een stortgoed lang niet zo hoog als bij een even groot vloei-

stofvat het geval zou zijn. Maar omdat de last ergens moet blijven worden de silowanden verticaal wel zwaarder belast. Voor het berekenen van het totale krach-tenspel is om constructieve redenen een goede schatting van de wandwrijving dan ook noodzakelijk.

3. Invloed op slijtage.

Hoewel de mate van slijtage van een wand afhankelijk is van de oppervlakte eigenschappen van product en wand, wordt de wrijvingsenergie geleverd door de combinatie van glijnsnelheid en wand-wrijving. Het relatieve slijtpatroon W_s van twee massastroomsilo's (resp. met vlak en axiaal-symmetrisch stromings-profiel) is aangegeven in **figuur 1** waar zones met mogelijk hoge slijtage kunnen worden afgelezen. We zien een piek in de mogelijke slijtage voor beiden bij de over-gang van cilinder naar conus. Hier zijn de snelheden nog niet hoog maar er kunnen ter plaatse forse toenames in de wand-spanningen optreden. Voor de axiaal-symmetrische stroming kan nog een piek bij de uitstroomopening optreden omdat hier de snelheid het hoogst is.

b: bij diverse wijzen van transport.

1. Uitdraagschroeven en schroeftransporteurs.

Om stortgoed aan silo's met een sleuf-vormige uitstroomopening te onttrek-ken worden vaak zg. uitdraagschroeven

toegepast. Wanneer de schroef goed is ontworpen wordt over de volle sleuflengte materiaal onttrokken, zodat geen dode zones ontstaan. Bij dit voorbeeld speelt de wrijving tussen schroef en stortgoed een belangrijke rol bij de lokale transportca-paciteit van de schroef.

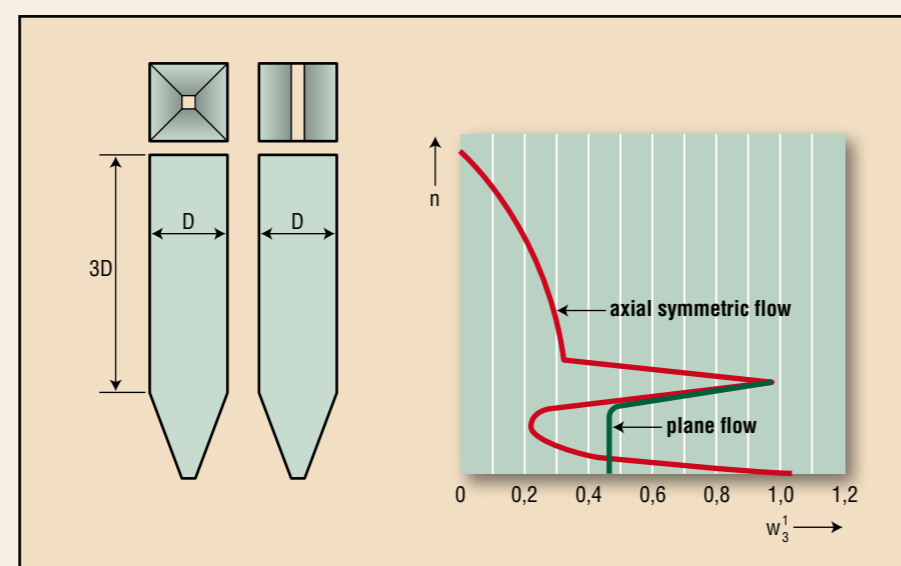
Het volumetrisch rendement η_v is hierbij rechtstreeks afhankelijk van de spoed en nagenoeg omgekeerd evenredig met wrijvingcoëfficiënt. Voor een juiste di-mensionering van de schroef is daarom een betrouwbare schatting van de schroef-wrijving een vereiste.

De wrijving tussen stortgoed en trogwand speelt hierin nauwelijks een rol, maar heeft wel een directe invloed op het beno-digde vermogen van de schroef.

Bij horizontale en verticale schroeftrans-porteurs speelt de schroef- resp. trog-wrijving een soortgelijke rol als bij de hierboven beschreven uitdraagschroef.

2. Bij pneumatisch transport.

Bij pneumatisch transport is het drukver-lies in het leidingsysteem een belangrijke ontwerp-grootte. Hierbij speelt de wandwrijving een rol bij het drukverlies van de gascomponent ten gevolge van de wandruwheid. Verder zal tengevolge van de remmende krachten op de deeltjes bij het glijden langs en het botsen met de wand zowel een bochtverlies als een stati-onair drukverlies in de leiding optreden.



Figuur 1. Relatief slijtagepatroon voor massastroomsilo's

Behalve in bovengenoemde voorbeelden zijn ook in het gebied der bewerkingen vele situaties te herkennen waar wand-wrijving een rol speelt. Hierbij valt bij-voorbeeld te denken aan de invloed van wandwrijving bij het persen van tabletten.

Factoren die de wandwrijving bepalen

De wandwrijving zoals deze zich in een bepaalde situatie voordoet is afhankelijk van drie groepen parameters.

a: karakteristiek van het stortgoed.

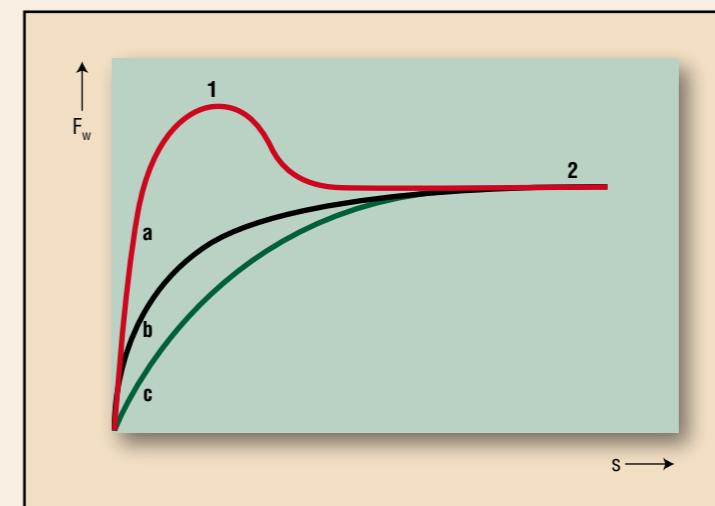
Belangrijk zijn hier bijv. grootte en -verdeling, vorm en hardheid, vochtge-halte, oppervlakte morfologie etc.

b: aard van het wandmateriaal. Hierbij spelen zaken als hardheid, ruwheid, ad-hesief gedrag, bewerkingen etc. van de wand een rol.

c: bedrijfsomstandigheden. Daarbij zijn orde-grootte van de belastingen, relatieve snelheden, invloed van tijd en tempera-tuur belangrijke grootheden. Wanneer wandwrijvingscoëfficiënten moeten worden gemeten zal met de groot-heden van de groepen a en b rekening moeten worden gehouden door de keuze van de juiste wand- en stortgoedmonsters. Met de condities van groep c kan rekening worden gehouden door in de test de prak-tijksituatie zo goed mogelijk na te bootsen.

Standaardmethode voor het meten van de wandwrijving

Hoewel er in de loop der tijden diverse methoden zijn ontwikkeld, bestaat er eigenlijk maar één standaardmethode voor het meten van de wandwrijving, de zoge-naamde Jenike sheartest. Hierbij wordt het product opgesloten in een starre stalen of messing ring (diameter ca 100mm, hoogte ca 16mm), en voorzien van een bovendeksel waarmee het monster via een gewichtsjuk verticaal wordt belast. Het zo belaste monster wordt vervolgens horizontaal over een testplaatje van het te meten wandmateriaal geschoven, waarbij de benodigde schuifkracht wordt geme-ten. Het verband tussen afschuifkracht en normaalbelasting op het monster geeft de wandwrijvingscoëfficiënt bij deze

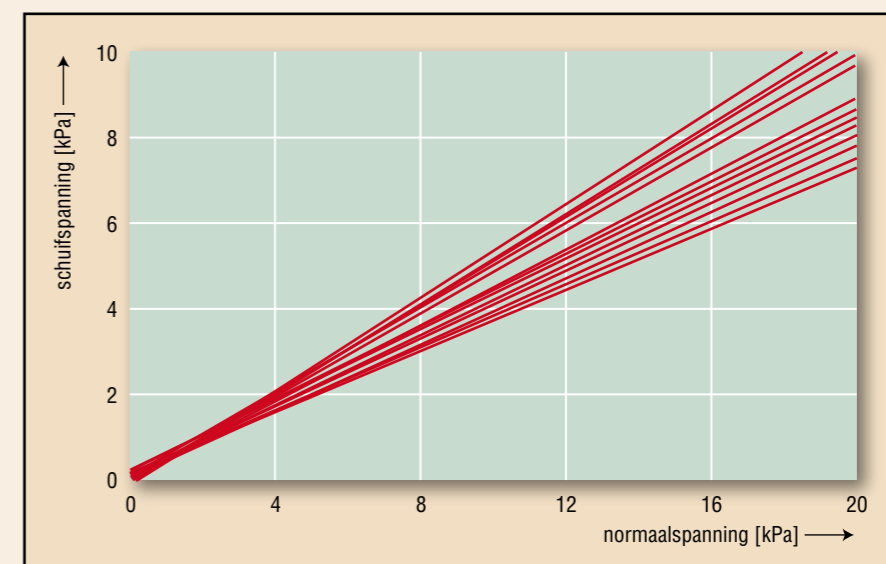


Figuur 2. Mogelijk kracht-weg verloop bij wandwrijving.

belasting. Een mogelijk verloop van de schuifkracht F_w tegen de afgelegde schuif-weg s bij een bepaalde verticale belasting geeft **figuur 2**. Curve a geeft een situatie waarbij het product bij het begin van af-schuiven (punt 1) een hogere weerstand vertoont dan bij het stationaire afschuiven (punt2). Hier is dus sprake van een dui-delijk verschil in de statische en de dyna-mische wrijving, waarmee rekening moet worden gehouden bij later gebruik van de wrijvingswaarden. De curves b en c geven situaties waarbij deze verschillen niet optreden. In de tests wordt meestal een constante afschuifsnellheid aangehouden die in de buurt ligt van de gebruikelijke afschuifsnellheden in silo's. Uit onderzoek is overigens gebleken dat de afschuifsnel-

heid bij niet te hoge snelheden geen grote rol speelt.

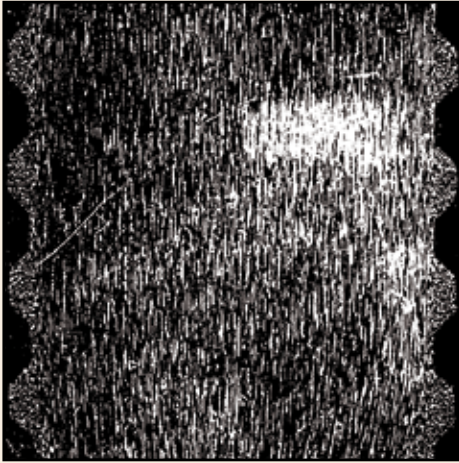
Hoewel het hier een standaardtest betreft met een nauw omschreven testmethode is de uitvoering van de test en de inter-pretatie niet altijd echt eenvoudig. In de 90-er jaren is door twaalf terzakekundige laboratoria wereldwijd een serie tests uit-gevoerd met exact dezelfde combinaties van stortgoed en wandmateriaal, gedistri-bueerd uit dezelfde bron. In **figuur 3** is een voorbeeld van de gemeten resultaten voor één combiantie gegeven, waaruit blijkt dat er inderdaad nogal wat spreiding kan optreden. Toepassing op een concreet silo-ontwerp liet echter zien dat dankzij de aanbevolen veiligheidsmarges toch een betrouwbaar ontwerp wordt verkregen.



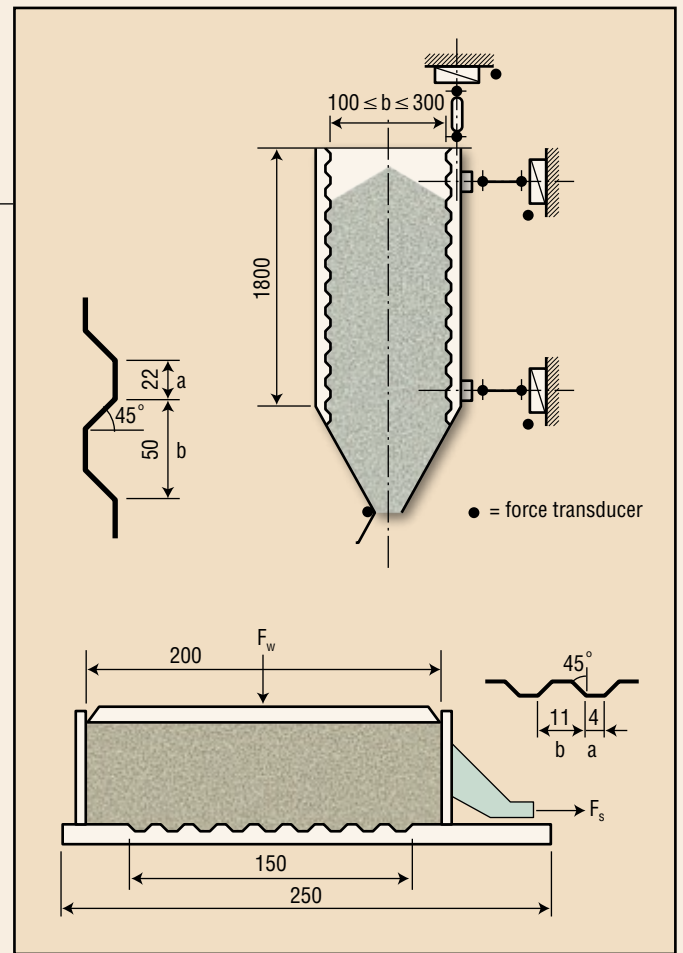
Figuur 3. Resultaat van metingen aan dezelfde stortgoed/wand combinatie door 12 laboratoria.

Wandwrijving bij niet vlakke wanden

Wanneer er sprake is van een niet vlakke wand, bijv. een damwand of een gegolfde wand, zal het product deels in de profielen blijven staan. In **figuur 4** is een opname te zien van de stroming langs een damwand waar uit blijkt dat het product in de profielen inderdaad niet stroomt. De 'wandwrijving' zal in dit geval dus bestaan uit een deel inwendige en een deel echte wandwrijving. Om deze wandwrijving te kunnen voorspellen, zijn in het verleden metingen verricht aan een damwand van een modelsilo, zowel als schuifproeven op een schaalmodel, zie **figuur 5**. De resultaten hebben aangetoond dat de wandwrijving in een degelijk geval goed kan worden berekend door middel van beide deelwrijvingen op basis van de profielafmetingen.



Figuur 4. Opname van het stroomgedrag langs een damwand. Duidelijk is te zien dat het materiaal in het profiel stilstaat.



Figuur 5. Onderzoek naar de wrijving langs een damwand, m.b.v. a) een modelsilo, b) een meting op een geprofileerde wand.

(advertentie)



Quality in vibrators

Vibratoren voor de industrie!!

Transporteren • Vullen • Verdichten • Sorteren



Elektrische Trilmotoren

Pneumatisch Vibratoren



Vimarc B.V.

Postbus 3316, 4800 DH Breda, The Netherlands
Tel. 0031 (0) 76 5780020, Fax. 0031 (0) 76 5714225
Homepage: www.vimarc.nl e-mail: info@vimarc.nl



SURPLUS SELECT
USED MACHINERY

Aan- en verkoop van
RVS tanks en machines voor
levensmiddelen- en licht chemische industrie

Actuele voorraad op www.surpluselect.nl

Surplus Select
T. +31 (0)314 39 12 85
F. +31 (0)314 39 12 89

Kantoor:
Heemskerklaan 25
7003 AM Doetinchem

Magazijn:
De Kolk 79
8255 PD Swifterbant

FILTERNIEUWS.NL

Zaken doen zonder te adverteren
is als knipogen naar een
meisje in het donker