

Het scheiden van lucht en stof

In drie eerdere artikelen is beschreven hoe en wanneer lucht, gewenst of niet gewenst, een rol kan spelen in systemen die kleine deeltjes bewerken, transporteren of opslaan. Hierbij zullen dus meestal luchtstromen ontstaan die zijn vervuild door opname van stof. Hetzij voortgekomen uit het verzamelen van stof door afzuiging, hetzij met stof vervuilde luchtstromen ontstaan in het proces zoals bij gefluidiseerde bedden. Er zal dus ook altijd een moment komen dat lucht en stof weer moeten worden gescheiden.

Milieu- en Arbo-eisen dwingen vaak tot scheiding van lucht en stof. Bij kraakprocessen, waarbij het fluidisatiegas tevens het eindproduct vormt, zal zeker schoning van het gas nodig zijn. Daar speelt ook terugwinning van de katalysatoren een rol.

Scheidingsprincipes

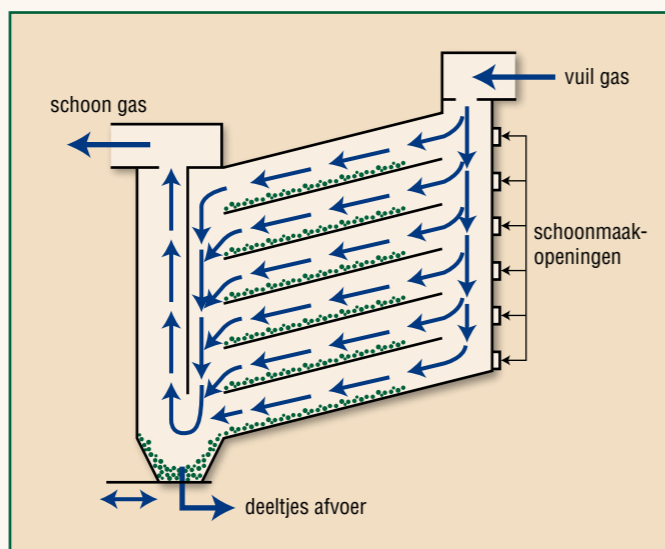
Stof scheiding hangt samen met de afmetingen, het gewicht en de hoeveelheid van de af te vangen deeltjes. Daar vloeien een paar scheidingsmogelijkheden uit voort:

Op basis van zwaartekracht of traagheidskrachten

Hierbij wordt de snelheid van de lucht (cq het gas) vertraagd en de af te leggen weg verlengd. Dat biedt het stof de gelegenheid om uit het gas te zakken. Ook veranderingen van de richting van de gasstroom werken hierbij mee. Stofdeeltjes zijn te traag om de veranderingen te volgen. Een voorbeeld van een dergelijk systeem is een zogenaamde stofkamer (figuur 1). Dit type stof scheiding wordt maar weinig toegepast omdat het veel ruimte vraagt en slechts voor grotere deeltjes nog enigszins efficiënt is, bijvoorbeeld als voor-afscheider om een opvolgend efficiënter proces te ontlasten.

Op basis van centrifugaalkrachten

Dit principe werkt ook op basis van traagheidskrachten maar hier wordt gebruik gemaakt van rotatie van het gas om de scheiding te bereiken. Deze zogenaamde cyclonen komen in bijna



Figuur 1: Principe van een stofkamer voor het afvangen van niet te kleine deeltjes. Door de grote lengte en kleine hoogte van de kanalen alsmede de lage gassnelheid zakken de deeltjes uit. Via de schoonmaakgaten kan het systeem periodiek worden gereinigd

elk proces wel ergens voor, en zullen we daarom verderop uitgebreider behandelen.

Door filtersystemen

Hierbij vindt de afscheiding plaats door het vervuilde gas door een filtersysteem te voeren waarbij de deeltjes in het filter achterblijven. Er bestaan vele typen zakken- of doekenfilters, waarbij de vorm varieert van een geweven of viltachtig doek op een buisvormig of vlak frame. Filtreren gebeurt als diepfiltratie of oppervlaktefiltratie.

Bij *diepfiltratie* worden in eerste instantie alleen de wat grotere deeltjes (boven ca 1 µm) afgevangen. Deze deeltjes zullen een afsluitende laag in het filtermedium opbouwen waardoor ook steeds kleinere deeltjes worden afgescheiden. De gewenste afscheidingsgraad vergt dus enige inlooptijd. Bij het reinigen van het filter gaat vaak een deel van de afsluitende laag verloren zodat opnieuw een zekere mate van inlopen nodig is.

Bij *oppervlaktefiltratie* zit in het filter een microporeus membraan (meestal Pffe). Inlopen is niet nodig omdat vanaf het begin ook de kleinere deeltjes worden afgevangen.

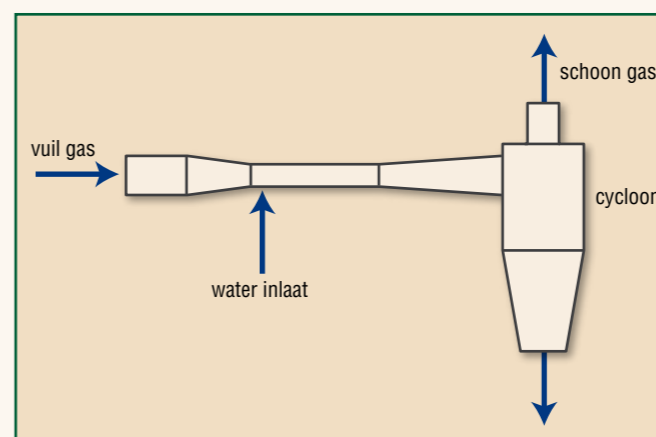
Om te grote drukval over het filter te voorkomen, moeten beide soorten

regelmatig worden schoongemaakt. Kloppen of luchtpulsen op de 'achterzijde' van het filter volstaan hier vaak. De afgescheiden massa wordt meestal verzameld in opvanghoppers aan de onderzijde van het filterhuis. Filtersystemen zijn er in vele uitvoeringsvormen, van doek- tot keramische filters. Ze hebben een hoge zuiverings-efficiency en zijn in een breed deeltjesgroottegebied (0,01 tot 100 µm) toepasbaar. Ze lenen zich minder voor grote hoeveelheden lucht met veel deeltjes.

Elektrostatische afscheiders

Het vervuilde gas wordt in het elektrostatische systeem geïoniseerd door het langs een elektroderoom of serie draden te voeren waarop een hoge spanning staat. De vaste deeltjes in het gas worden hierbij negatief geladen en vervolgens door geaarde of positief geladen platen aangetrokken en vastgehouden. Ook deze opvangplaten kunnen worden gereinigd met kloppen waarbij de deeltjes via opvangtrechters en sluizen worden afgevoerd. De elektrostatische methode is vrij duur en wordt toegepast wanneer normale filtratie niet mogelijk is, bijvoorbeeld bij hoge temperaturen of agressieve materialen. Vooral de hoge efficiency

Figuur 2: Schema van een venturi-wasser. Door de versnellingen en vertragingen in keel en diffusor vinden botsingen plaats waarbij deeltjes in de waterdruppels worden opgenomen. Afscheiding van de druppels uit het gas gebeurt in de nageschakelde cycloon



(tot bijna 100 procent bij lage gassnelheden), de lage drukval en het hoge temperatuurbereik (tot 550°C) bieden daarbij voordelen. De methode is ook geschikt voor natte deeltjes, terwijl zo nodig de geleidbaarheid van het gas kan worden verhoogd door het toevoeren van waterdamp.

Natte wassers (wet scrubbers)

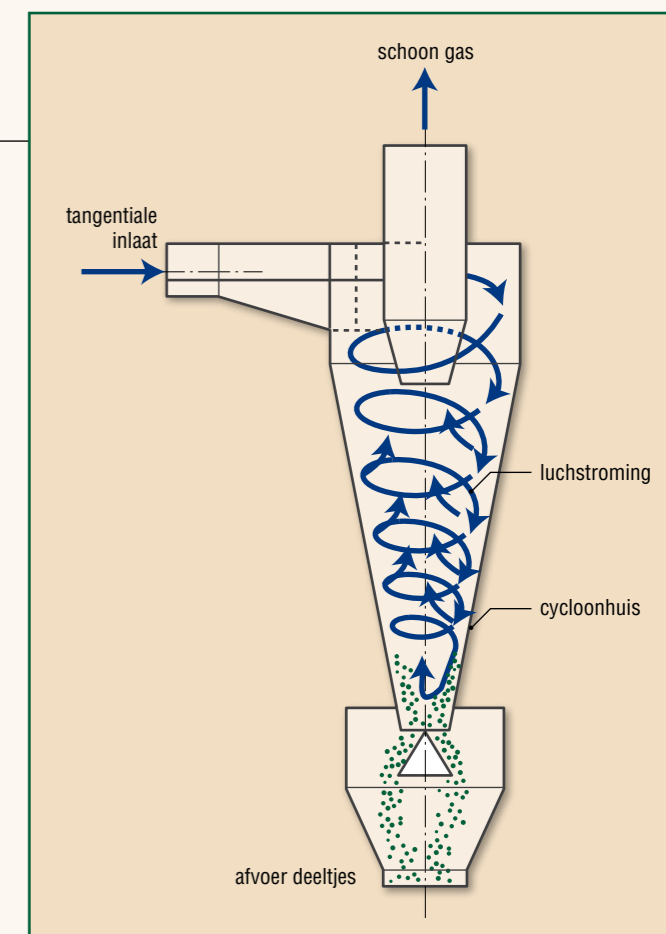
Bij natte wassers worden fijne druppels (meestal water) via nozzles tegen de stroom in of met de gasstroom mee gebracht. Bij voldoende beweging tussen gasstroom en druppels vinden botsingen tussen deeltjes en druppels plaats waarbij de deeltjes in de druppels worden opgenomen. Daarna kunnen ze via bijvoorbeeld een cycloon uit het gas worden verwijderd. Natte wassers komen in diverse uitvoeringen voor, als wastorens, straalwassers en als bijzondere uitvoering de venturi-wassers (figuur 2). Door de grote versnellingen in de keel en de vertragingen er na botsen deeltjes en waterdruppels regel-

matig met inkapseling van de deeltjes als gevolg. Druppels en deeltjes worden in de aangebouwde cycloon weer van de gassen gescheiden. Al deze wassystemen lenen zich uitsluitend voor zeer fijne deeltjes en hebben als nadeel dat meestal achteraf ook weer deeltjes en vloeistof moeten worden gescheiden.

In tabel 1 staan (heel globaal) toepassingsgebied en andere kenmerken van de diverse scheidingsprincipes. De uiteindelijke keuze voor een bepaald systeem komt voort uit de parameters van het te schonen gas (temperatuur, deeltjesbelading, gashoeveelheid etc.), de vereiste afvangerefficiëntie en de kosten.

Cyclonen

Een vaak voorkomend probleem bij veel van de scheidingsmethoden is dat ze bij grote hoeveelheden snel vol raken en de afvangerefficiëntie afneemt. Een voor-afscheider brengt dan uitkomst. Een van de meest toegepaste

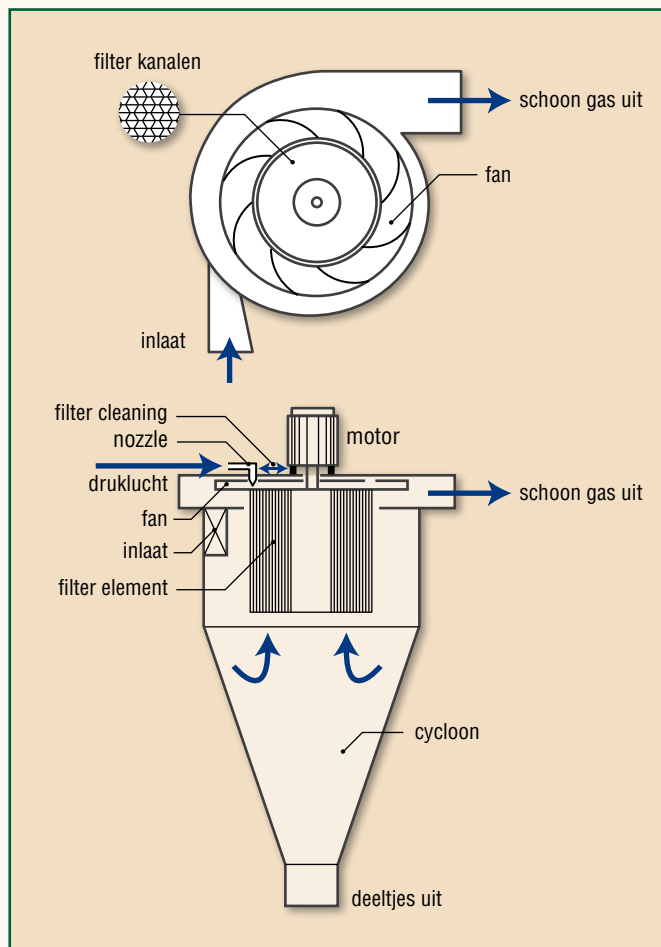


Figuur 3: Principe van een cycloon. Door de centrifugaalwerking worden de deeltjes naar de buitenkant gedrongen en via de afvoercanus discontinu afgevoerd

voor-afscheiders is de centrifugaal-afscheider, ook wel cycloon genoemd (figuur 3). De verontreinigde luchtstroom wordt met relatief hoge snelheid tangenciaal via de toevoeropening de cycloon ingeblazen. De rotatie stuwt de vaste deeltjes met centrifugaalwerking naar de wand. Daar zakken ze naar beneden en worden ze verzameld en discontinu afgevoerd. Het geschoonde gas wordt centraal aan de bovenkant afgevoerd. Een cycloon leent zich niet voor de kleinste deeltjes. Doordat het gas niet alleen roteert maar ook naar het midden beweegt, wordt op de deeltjes ook een drag-force uitgeoefend. Die belet de kleinere deeltjes om

	deeltjesgrootte µm	investering	bedrijfskosten/onderhoud	drukval Pa	temp °C	ruimtebeslag
Stofkamers	80 - 2000	medium	laag	<100	<600	hoog
Cyclonen	10 - 2000	laag	laag	200-5000	<600	laag
RDS / cyclofilters	0,1 - 1000	medium	medium	<3000	<600 resp <300	laag
Natte wassers	0,1 - 100	medium	hoog	400-20000	<400	medium
Filtersysteem	0,01 - 100	medium	medium/hoog	1000 - 3000	<300	medium
Elektrofilters	0,01 - 10	hoog	laag/medium	300 - 1000	<550	medium

Tabel 1: Globaal toepassingsgebied en kenmerken van de diverse afscheidingsystemen



Figuur 4: De roterende deeltjesscheider (RDS). De grotere deeltjes worden door de cycloon afgescheiden, de kleinere deeltjes worden opgevangen in de roterende bundel fijne kanaaltjes. Periodiek worden de kanaaltjes door een luchtjet-systeem naar beneden toe schoongeblazen

verder naar buiten te bewegen. Aan de hand van de cycloonafmetingen, de in- en uitlaatdiameters en de grootte van de gasstroom kan de scheidingsgrens worden berekend, oftewel welke deeltjesgrootte achterblijft. Maar de praktijk is weerbarstig en praktisch worden ook vaak kleinere deeltjes afgescheiden door agglomeratie van deeltjes en/of een meesleureffect door grote deeltjes. Andersom worden grotere deeltjes soms niet afgescheiden door het optreden van wervels (bij hoge gassnelheden) of het terugbotsen van deeltjes van de wand.

Het grote voordeel van cyclonen is de eenvoudige constructie en het ontbreken van bewegende delen waardoor ze weinig onderhoud nodig hebben. De moderne uitvoeringen kunnen zonder problemen grote gasstromen verwerken en scheiden deeltjes af tot een ondergrens van ca 20 μm . Systemen waarbij meerdere kleine cyclonen met speciale inlaatschoepen parallel zijn geschakeld (multicyclonen), halen een ondergrens van 10 μm .

Een moderne variatie op de standaard cycloon is de roterende deeltjesscheider (RDS, figuur 4). Deze bestaat uit een door een elektromotor aange-

dreven roterende bundel evenwijdige verticale kanaaltjes, die bovenin een normale cycloon wordt aangebracht. De deeltjes in de luchtstroom vanuit de als voor-afscheider werkende cycloon worden in de roterende kanaaltjes door de centrifugaalwerking tegen de wand gestuwd en dus niet meer met de luchtstroom meegenomen. Op geregelde tijdstippen spuit een luchtjet de kanaaltjes van bovenaf leeg en transporteert de afgescheiden deeltjes naar de onderkant van het cyclooonhuis waar ze verder worden afgevoerd.

RDS levert een hele goede afscheiding (tot ca 0,1 μm), voorkomt vaak na-filtratie; biedt continue reiniging zonder onderbreking van het proces; beschikt over een vaste ventilator; maakt inlopen overbodig en leent zich voor hogere temperaturen en/of corrosieve producten (zowel gas als vaste stofdeeltjes). Het kan zelfs in roestvaste uitvoering worden toegepast. De RDS heeft alleen, in tegenstelling tot de normale cycloon wel bewegende componenten zoals het roterende filter en de elektromotor.

Een andere combinatie met een cycloon is het cyclofilter. Hierbij is boven in een normale cycloon een filtereenheid aangebracht, meestal een aantal buisvormige filters, zogenaamde mouwfilters. Hierbij werkt de cycloon als een voor-afscheider voor het afvangen van de grotere deeltjes terwijl het filter de kleinere deeltjes afscheidt. Meestal zorgt een pulse-jet luchtsysteem voor de regelmatige reiniging. Het voordeel van een cyclofilter is dat in één compacte eenheid een breed deeltjesgebied en een hoge stofbelading kunnen worden verwerkt.

Gecombineerde afscheidingssystemen

Vaak zijn in een installatie meerdere typen afscheiders achter elkaar nodig om het hele scala aan deeltjesgrootte en eventuele schadelijke gasvormige componenten uit de gasstroom te verwijderen. Als voorbeeld kan hier de rookgaszuivering van een moderne vuilverbrandingsinstallatie worden genoemd.

Hier vindt zuivering plaats in meerdere stappen:

1. De vliegias in de hete rookgassen wordt grotendeels afgescheiden met een cycloon of een elektrofilter, verzameld en afgevoerd.
2. Hierna vindt chemische reiniging van

de rookgassen plaats in een apart reactievat waar zeer fijn verdeelde kalkmelk (een mengsel van water en ongebluste kalk) wordt ingespoten. Door de verdamping van de waterdruppeltjes in de hete gasstroom ontstaan zeer fijne vaste kalkdeeltjes en daalt tevens de temperatuur van de rookgassen. Door de kalk worden de meeste zure componenten omgezet in zouten.

3. Door inspuiten van zeer fijn verdeeld actieve kool worden verdere stoffen als furanen, dioxines, onverbrande koolwaterstoffen enzovoort door adsorptie en absorptie gebonden. Naast actieve kool wordt verder nog zeer fijn gemalen natriumbicarbonaat ingespoten om de rest van de zuren te verwijderen.

4. De in de rookgassen nog of weer aanwezige deeltjes, zoals gevormde zouten, nog resterende vliegias, kalkdeeltjes, en actieve kool, worden tenslotte afgevangen met een filtersysteem bestaande uit een serie parallelle mouwfilters. Ze moeten wel regelmatig worden gereinigd.

5 Als laatste kunnen de nog de aanwezige NO_x-verbindingen uit de rookgassen worden gehaald met een katalytische DeNO_x-installatie.

Hierna verlaten de rookgassen schoon de schoorsteen.

Dit soort gecombineerde scheidingsystemen komen in alle grotere installaties als kolencentrales, kolenvergassers en raffinaderijen voor. Hoewel ze nu al een groot onderdeel vormen van de totale installatie, zal hun aandeel onder milieudruk alleen nog maar toenemen.

Dragende rol

Dit artikel is het laatste uit een vierdelige serie over de rol van lucht (of gas) bij processen met kleine stortgoeddeeltjes. De serie maakt hopelijk duidelijk dat lucht zowel een positieve als een negatieve invloed op onze systemen kan hebben. Soms maken we er nuttig gebruik van (bijvoorbeeld bij fluidisatie of pneumatisch transport), soms levert het alleen maar extra problemen op. Dan moet stofvorming weer worden bestreden en/of stof moet worden verzameld, weer van de lucht gescheiden en afgevoerd.

In feite is het vergelijkbaar met fijnstofproblemen in grote steden of bij verkeersaders. Mensen die gevoelig zijn voor stuifmeel of andere producten die ons belagen, kunnen er over meepraten. Ook in deze gevallen is de dragende rol van lucht duidelijk aanwijsbaar. ■