

TNO-rapport

93.299

Gasreiniging door elektrische technieken;
een evaluatie van toepassingsmogelijkheden

Publikatie

Referentienummer 93-299
Dossiernummer 112326-21863
CB-nummer CB-299
Datum december 1993

Auteurs
W.J.L. Jansen
W.R. Rutgers
E. Mot
P.H. de Haan
H.J.G. Kok

Bestemd voor
PT-Procestechniek

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten aan TNO', dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© TNO

Gasreiniging door elektrische technieken; een evaluatie van toepassingsmogelijkheden

W.J.L. Jansen, W.R. Rutgers, E. Mot, P.H. de Haan, H.J.G. Kok¹⁾

Technieken waarbij de toepassing van elektriciteit een centrale rol speelt, staan bekend onder de naam elektrotechnologie. Elektrotechnologie kan worden toegepast bij het voorkómen of oplossen van milieuproblemen. Belangrijke toepassingen van elektrotechnologie ten dienste van het milieu zijn: drogen, uitdampen, ontleden, breken, immobiliseren, scheiden en versterken van katalytische werking (zie onder andere [1]).

Elektrische technieken kunnen ook worden gebruikt voor (rook)gasreiniging. Door TNO en KEMA is in samenwerking met de industrie (Holec Projects B.V., Hoogovens Technical Services B.V. en Philips Lighting B.V.) en de gezamenlijke energiebedrijven (EnergieNed) een studie uitgevoerd naar de (toekomstige) mogelijkheden van elektrische technieken voor (rook)gasreiniging. Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van de Stimuleringsregeling Milieutechnologie van het Ministerie van VROM, onder beheer van Novem.

Elektrische technieken voor rookgasreiniging

In het kader van het Nederlandse milieubeleid neemt de bestrijding van luchtverontreiniging een belangrijke plaats in. De wet- en regelgeving op dit gebied is de laatste jaren aanzienlijk verscherpt, ook internationaal. Deze situatie heeft geleid tot een versnelde opkomst van nieuwe technieken. In dit verband nemen elektrische technieken een bijzondere plaats in, omdat zij nieuwer zijn dan de chemische en mechanische. Door deze betrekkelijke nieuwheid is het onderzoeksveld op dit gebied sterker in beweging. Het gevolg daarvan is dat er in dit stadium juist over deze klasse van technieken veel onduidelijkheid bestaat aangaande de potentiële betekenis voor gasreiniging. De enige bewezen elektrische techniek is in feite elektrostatische precipitatie (ESP); alle andere bevinden zich nog in laboratorium- of pilotfase.

Op grond van het voorgaande is onderzocht, welke elektrische methoden voor reiniging van rookgassen en andere gassen zodanig veelbelovend zijn, dat onderzoek naar industriële toepassing ter hand zou moeten worden genomen.

¹⁾ Ir. W.J.L. Jansen en Prof.Dr. W.R. Rutgers zijn verbonden aan N.V. KEMA te Arnhem.
Dr.Ir. E. Mot, Dr. P.H. de Haan en Ir. H.J.G. Kok zijn verbonden aan TNO

*Gasreiniging door elektrische technieken;
een evaluatie van toepassingsmogelijkheden*

In dit artikel wordt een evaluatie gegeven van de (toekomstige) toepasbaarheid van elektrische technieken voor (rook)gasreiniging. Daarbij is aandacht besteed aan vijf hoofdsystemen, namelijk:

- elektrogranulaire filtering
- elektrische ontladingen
- elektronenbestraling
- diëlektrische verwarming
- UV-straling.

Elektrogranulaire filtering

Bij elektrogranulaire filtering (EGF) wordt gebruik gemaakt van een korrelbedfilter (meestal aluminiumoxyde). Dit is een filtersysteem voor het afvangen van deeltjes uit een gas of vloeistof, geschikt voor gebruik onder extreme omstandigheden. Het betreft een bed van inert korrelmateriaal waar het te reinigen medium (gas of vloeistof) doorheen wordt geleid. Onder invloed van verschillende mechanismen worden de in het medium aanwezige stofdeeltjes afgezet op de korrels en in het filterbed vastgehouden.

Een korrelbedfilter wordt al vaak toegepast voor vloeistoffiltratie. Voor gasfiltratie is het toepassen van een korrelbedfilter nog wat minder gebruikelijk. Doordat de depositie van stofdeeltjes uit het gas geheel gebaseerd is op mechanische afvangstmechanismen, gaat een hoge filterefficiëntie altijd gepaard met een hoge drukval of een laag doorstroomdebiet.

De inzetbaarheid van het korrelbedfilter kan worden verbreed door gebruik te maken van elektrostatische krachten. Hierdoor wordt met name de filterefficiëntie voor submicrondeeltjes verhoogd. Een eerste mogelijkheid voor elektrostatica is het opladen van de stofdeeltjes in de gasstroom door het gas door een corona-ontlading te leiden, analoog aan de oplading van de deeltjes in een elektrostatische precipitator (ESP of elektrofilter). In de tweede plaats kan het korrelmateriaal van het filter van een elektrische lading worden voorzien. In de praktijk wordt meestal zowel gebruik gemaakt van een corona-ontlading voor het opladen van de stofdeeltjes als van een elektrisch veld om het korrelmateriaal te polariseren.

Door toepassing van deze technieken kan, in combinatie met een beter vangstrendement, het drukverlies over het filtersysteem worden verlaagd in vergelijking tot niet-elektrische filtersystemen.

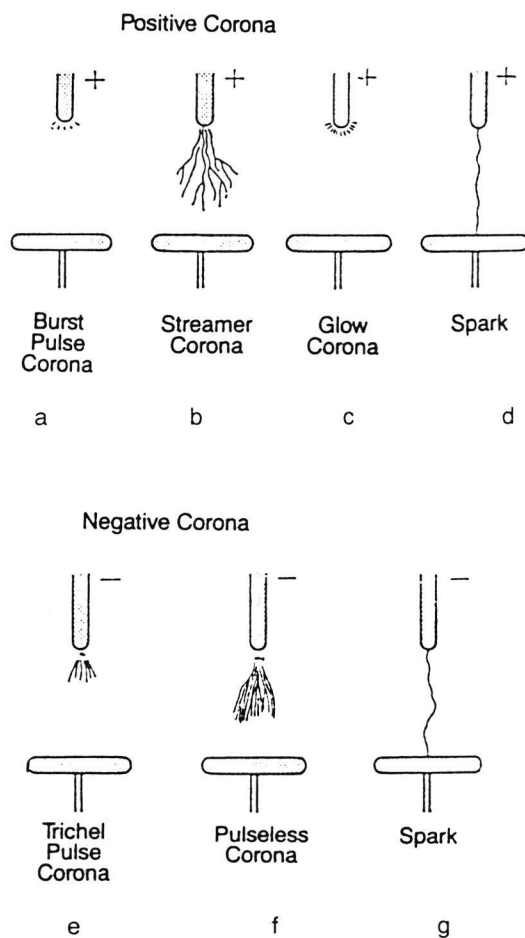
Korrelbedfilters zijn geschikt voor het afvangen van deeltjes (vast en vloeibaar). Zonder gebruik van elektrostatica is een vangstrendement van 90 à 95% haalbaar voor microndeeltjes. Door het toepassen van elektrostatica kan dat tot 95 à 99,9% worden verbeterd, voor micron- en submicrondeeltjes. Door een specifieke keuze van de ontlading - met name door gebruik te maken van een positieve streamer corona (figuur 2b) - is het mogelijk stofdeeltjes op te laden en tegelijkertijd gassen, zoals SO₂, NO_x en koolwaterstoffen door chemische reacties met gevormde radicalen te verwijderen. Met name hierdoor kan een reinigingsmethode ontstaan die goedkoper is dan de somkosten van de afzonderlijke conventionele reinigingsmethoden.

Het EGF-systeem bevindt zich in een vergevorderd stadium van (laboratorium)ontwikkeling; daarbij is de uitvoeringsvorm van schuimkeramiek meestbelovend.

(Gepulste) elektrische ontelingen

Met gepulste elektrische ontelingen kunnen niet-thermische plasma's met een lage ionisatiegraad worden gemaakt, waarin de elektronenenergie hoog kan zijn (4 tot 20 eV), terwijl het neutrale dragergas koud blijft. De ionen en radicalen die door gepulste elektrische ontelingen worden geproduceerd kunnen vele chemische reacties op gang brengen of versnellen. Voor het verwijderen of ontleden van schadelijke stoffen uit gassen onder atmosferische druk komen drie soorten ontelingen in aanmerking:

- gepulste corona-ontelingen (bijvoorbeeld figuur 1b, e)
- stille ontelingen of 'surface barrier' ontelingen, (figuur 3) en
- glimontelingen (figuur 4).

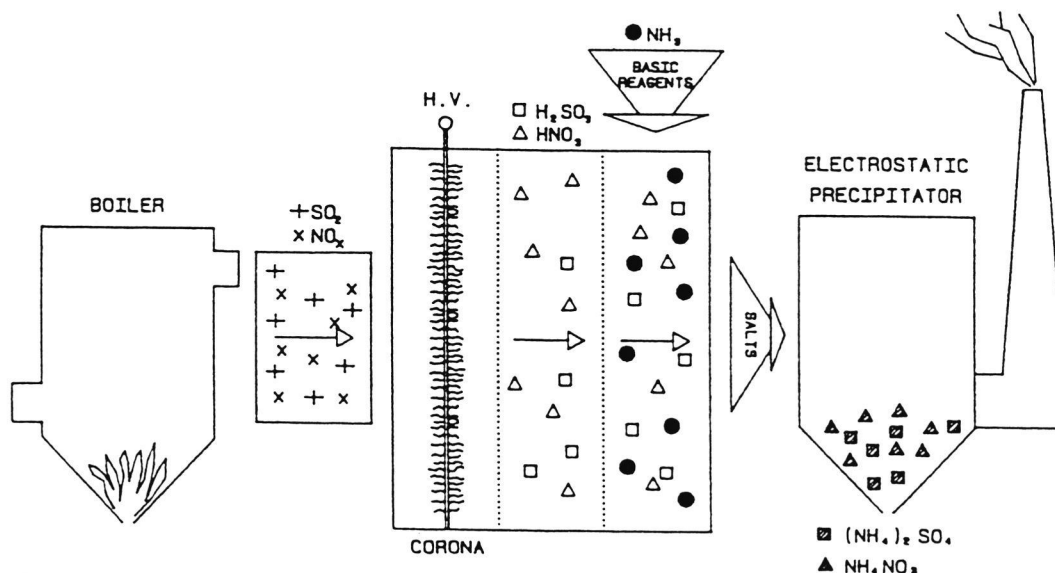


Figuur 1 De diverse verschijningsvormen van corona-ontelingen. Deze zijn alle met gelijkspanning te realiseren. Door hoogspanningspulsen kunnen deze coronavormen echter veel krachtiger worden gemaakt

*Gasreiniging door elektrische technieken;
een evaluatie van toepassingsmogelijkheden*

Corona-ontladingen worden al sinds lang gebruikt in elektrostatische stofvangers. Om het vangstrendement en het energieverbruik te verbeteren worden tegenwoordig gepulste voedingen toegepast in plaats van gelijkstroomvoedingen. Door zeer snelle hoogspanningspulsen te gebruiken (1-3 kV/ns) kunnen chemische reacties op gang worden gebracht. Gepulste corona wordt toegepast voor het ontleden van organische stoffen, zoals phenolen, styreen en xyleen in lage concentraties (tot 1000 ppm) in lucht, waarbij het specifiek vermogen ligt in de orde van 15-25 Wh/m³ gas. Ook is de techniek met succes gedemonstreerd voor gecombineerde deSO_x - deNO_x bij rookgas uit kolengestookte elektriciteitscentrales, voor reinigen van rookgas uit AVI's en bij stankbestrijding (figuur 2). De SO₂ en NO_x moleculen worden daarbij door de puls-corona geïoniseerd, waardoor ze gemakkelijker met (b.v.) NH₃ reageren en dan als zouten kunnen worden afgevoerd.

Daarnaast kan de pulscoronatechniek worden gebruikt voor productie van bijvoorbeeld ozon.

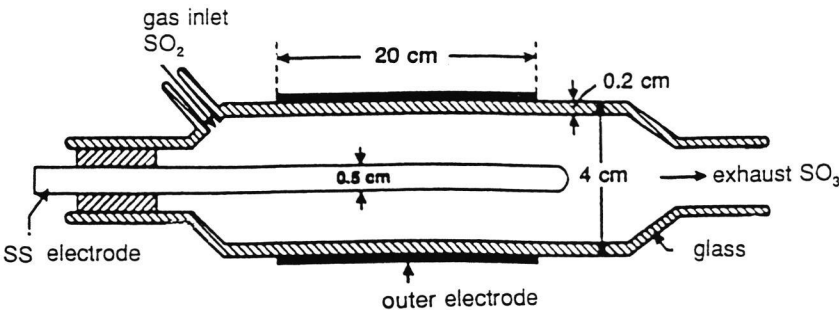


Figuur 2 Gecombineerde deNO_x/deSO_x bij een kolengestookte centrale

Stille ontelingen ¹⁾ (figuur 3) worden geproduceerd tussen vlakke elektrodes, waarbij één of beide elektrodes bedekt worden met een diëlektricum, om doorslag te voorkomen. Er ontstaan vele micro-ontelingen waarin, net als bij gepulste corona, de elektronenenergie hoog is. De techniek wordt van oudsher gebruikt voor de productie van ozon en vindt industriële toepassing bij waterzuivering en bij bleekprocessen. Het

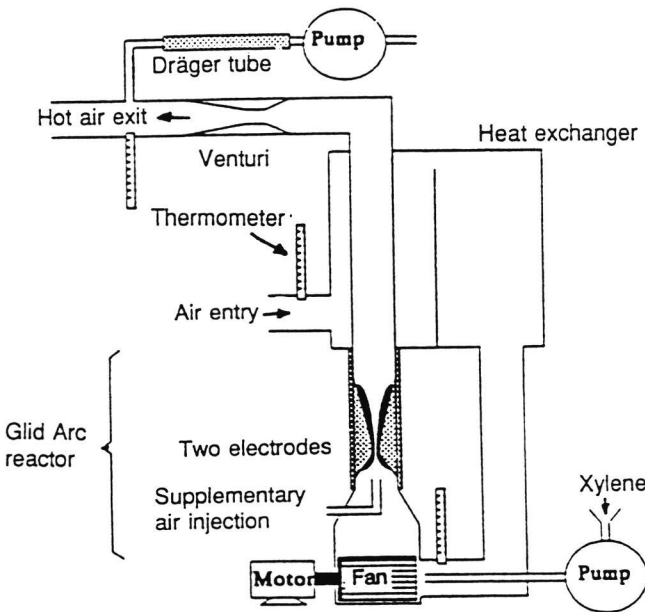
¹⁾ Zo genoemd omdat zij, in tegenstelling tot andere ontelingen, geen hoorbare doorslagen produceren

elektrisch rendement ligt tussen 60 en 100 gram ozon per kWh, bij gebruik van 50 Hz of bij voedingen in het kHz-domein. Dit rendement kan aanzienlijk worden verbeterd door zeer korte (sub- μ sec) spanningspulsen te gebruiken.



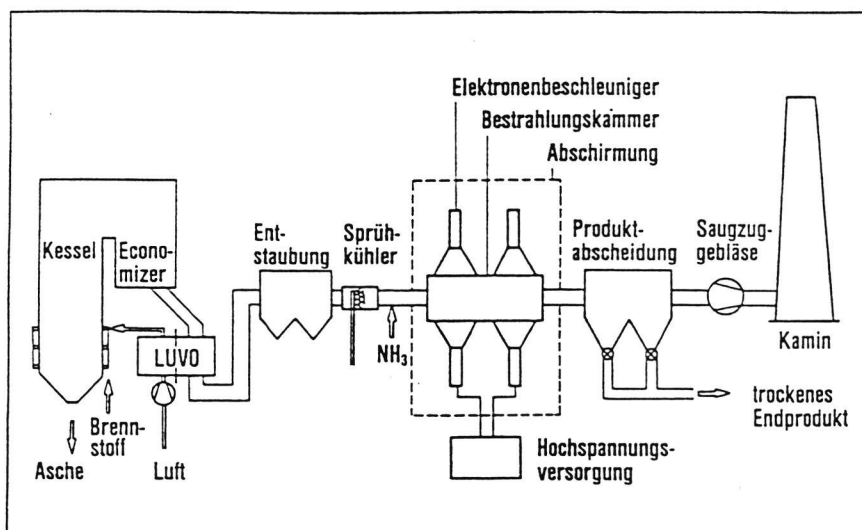
Figuur 3 Plasma ondersteunde oxydatie van SO_2 tot SO_3 in een stille ontleding. De SO_3 kan, bijvoorbeeld met NH_3 , een zout vormen dat kan worden verwijderd uit het afgas

De glimontlading is in feite de ontleding die voorkomt bij de gewone TL-buis. Hij wordt meestal bij lage druk gemaakt, maar sinds kort ook bij atmosferische druk. Een eerste toepassing hiervan bij gasreiniging is de afbraak van xyleendamp bij een verfstraat in een automobielfabriek (figuur 4).



Figuur 4 Semi-industriële opstelling met 'GlidArc reactor' voor het afbreken van xyleen

Elektronenbestraling



Figuur 5 Vereenvoudigd schema van rookgasreiniging met behulp van elektronenbestraling

Bij elektronenbestraling (figuur 5) wordt verontreinigd gas bestraald met een bundel hoogenergetische elektronen (> 300 keV) uit een elektronenversneller. De versneller wordt door een vacuümvenster gescheiden van het gaskanaal. Het geheel wordt omgeven door een betonnen afscherming, vanwege straling. In de jaren tachtig is de techniek in diverse landen gedemonstreerd voor de reiniging van rookgas. Hierbij worden SO_2 en NO geoxydeerd door radicalen, die ontstaan uit dissociatie van molekulen of uit ionen. Het zwavel- en salpeterzuur dat hierbij ontstaat wordt met behulp van ammoniak omgezet in zoutdeeltjes, die met een stoffilter worden afgevangen. Sinds enkele jaren bestaan er pilot-plants met een capaciteit van 10.000 tot 30.000 m³ gas per uur. Daarnaast worden verdere laboratoriumexperimenten uitgevoerd, om de techniek uit te breiden naar destructie van onder andere VOS (vluchtige organische stoffen). De opschaling is geen groot probleem; wel de levensduur van diverse componenten, de procesvoering en het voorspellen van de samenstelling van de restprodukten. Numerieke modellering van de reactiekinetiek is zeer gecompliceerd. Uit experimentele resultaten blijkt het reinigingsrendement beter dan berekend met reacties in de gasfase alléén: heterogene processen, zoals reacties aan aerosolen, stofdeeltjes en wanden spelen nl. mede een rol. Systeemstudies voor grootschalige toepassingen wijzen op kostenvoordelen ten opzichte van bestaande chemische technieken. De kosten zouden echter hoger kunnen blijven dan bij reinigingsmethoden met gepulste elektrische ontladingen. Het hoge energiegebruik wordt teruggebracht door getrapte bestraling in twee of drie gasbehandelingsinstallaties in serie.

Diëlektrische (rook)gasreiniging

Diëlektrische technieken zijn, naast de 'magnetronoven' voor huishoudelijk gebruik, vooral bekend als verwarmingsbron in industriële verwarmings- en droogprocessen. Het grote voordeel van diëlektrische verwarming is de volumetrische verwarming van materialen. Dit in tegenstelling tot conventionele verwarming, waarbij de energie aan het oppervlak van het materiaal wordt toegevoerd en door geleiding verder het materiaal moet indringen.

De inzet van diëlektrische technieken op milieugebied staat nog aan het begin van zijn ontwikkeling [1]; zij worden sporadisch toegepast voor het reinigen of verwerken van vloeistoffen en vaste stoffen.

Veelal wordt de diëlektrische techniek voor toepassing op gassen niet rechtstreeks gebruikt, maar wordt als tussenstap eerst een plasma gegenereerd. Voorbeelden hiervan zijn de ontleding van methaan met behulp van een microgolflasma voor het initiëren van chemische reacties, het produceren van diamantlagen, het coaten van oppervlakken en het produceren van waterstof. Een recente toepassing is het vernietigen van gechloreerde koolwaterstoffen, zoals trichloorethaan en trichlooretheen, in gasvormige toestand, door een microgolflasma. Een andere toepassing op gassen betreft de inzet van diëlektrische technieken voor gasreiniging.

Diëlektrische technieken kunnen, binnen het kader van gasreiniging, op een aantal manieren worden ingezet. In dit verband kan een vijftal toepassingsgebieden worden aangegeven:

- het verwijderen van SO_2 en NO_x uit rookgassen
- terugwinnen van zwavel na rookgasreiniging
- verbranden van afgevangen roet uit uitlaatgassen
- het drogen van gasstromen na ontzwavelen
- regeneratie van filters uit rookgaskanalen (bijvoorbeeld SO_2 door verwarming laten reageren met metaaloxiden).

Alleen in het eerste geval wordt diëlektrische energie, via een plasma, rechtstreeks toegepast om gasstromen te reinigen. In de overige gevallen wordt diëlektrisch verwarmen indirect toegepast, als voor- of nabehandeling van bestanddelen die aanleiding geven tot rookgasverontreiniging, of ten behoeve van regeneratie van filtermateriaal dat afvalstoffen van rookgassen bevat.

Als resultaat van de studie komt diëlektrische (rook)gasreiniging wat minder kansrijk naar voren dan de eerder besproken technieken. Het kenmerk van diëlektrische technieken is echter dat ze vaak toepassing vinden in zogenaamde 'marktniches': zeer specifieke situaties, waarin ze de oplossing voor het betreffende probleem blijken te vormen. Een voorbeeld daarvan in dit verband is de ontwikkeling van een dieseluitlaatfilter, waarin de roetafzetting periodiek wordt verbrand door diëlektrische verhitting.

UV-straling

Ultraviolette straling is elektromagnetische straling met een golflengte korter dan die van zichtbaar licht, maar langer dan van röntgenstraling. Het golflengtegebied van de UV-straling is 100 tot 400 nm. De energie-inhoud van de UV-straling

*Gasreiniging door elektrische technieken;
een evaluatie van toepassingsmogelijkheden*

neemt toe naarmate de golflengte korter wordt. De belangrijkste soorten lampen die UV-straling kunnen produceren, zijn lampen gevuld met kwik (Hg), en metaalhalide-toevoeging, of xenon.

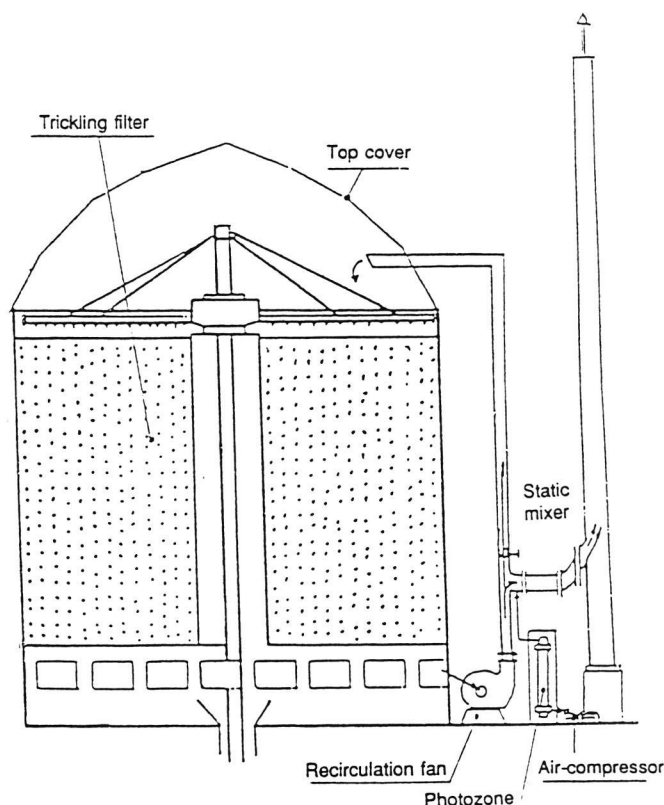
Door middel van UV-straling, in combinatie met een oxydatiemiddel, kunnen vele organische verbindingen (ook gehalogeneerde) in principe volledig worden geoxydeerd tot CO₂, H₂O en zure anorganische verbindingen. Door de combinatie van UV-straling met een sterke oxydator, zoals ozon, wordt de afbraaksnelheid van veel verbindingen aanzienlijk verhoogd ten opzichte van het gebruik van UV of ozon alleen.

Op niet-industriële schaal is reeds met diverse UV/ozon-processen voor de afbraak van onder andere gechloreerde koolwaterstoffen ervaring opgedaan. UV-bestraling van het waswater van gaswassers, waaraan ozon is toegevoegd, kan stoffen als watersulfide, dimethyldi- en trisulfide en chloorfenolen vrijwel volledig vernietigen.

Bij laboratoriumproeven zijn hoge verwijderingsrendementen behaald bij water dat verontreinigd was met (onder andere gechloreerde) koolwaterstoffen. Over de mogelijkheden in de gasfase is echter relatief weinig bekend. Aangaande de reactiemechanismen, de benodigde verblijftijden en de daaruit volgende dimensionering en kostenaspecten, bestaan grote verschillen tussen gas- en waterfase. De verblijftijden in de gasfase moeten waarschijnlijk langer zijn, omdat de dichtheid in de gasfase een factor 1000 lager is. Anderzijds zijn er aanwijzingen dat deze techniek toch reeds bij verblijftijden van enkele seconden perspectieven biedt, onder andere bij rookgasreiniging.

De toepassing van ultraviolette straling kan op twee manieren plaatsvinden, namelijk *direct* en *indirect*. Bij de directe methode wordt de gehele (rook)gasstroom behandeld, wat veel energie kan kosten. Bij de indirecte wordt ozon gemaakt, die in een bepaalde verdunning aan het rookgas wordt toegevoegd. Het verschil in kosten tussen de directe en de indirecte methode hangt samen met de toegepaste verdunning; het kan oplopen tot een factor 1000 (figuur 6).

*Gasreiniging door elektrische technieken;
een evaluatie van toepassingsmogelijkheden*



Figuur 6 Geurverwijdering met Photozone gas bij vloeibaar effluent uit een brouwerij ('Photozone': handelsnaam voor reactief gasmengsel (met ozon), dat ontstaat bij UV-bestraling van lucht)

In de praktijk zal men, naar gelang de verontreinigingsgraad van het gas en de gewenste mate van zuivering, werken met een mix van beide methoden. UV is ook goed werkzaam bij zeer lage concentraties van verontreiniging en leent zich daardoor onder andere goed voor sommige typen van geurbestrijding. Uitgangspunt is daarbij in het algemeen dat de concentratie van de verontreinigingen laag is, bijvoorbeeld tot $0,5 \text{ g/Nm}^3$. Bij hogere concentraties zijn andere technieken vaak goedkoper, zoals naverbranden in het geval van organische verontreinigingen.

Evaluatie

In het voorgaande is een vijftal elektrische technieken voor gasreiniging besproken, namelijk elektrogranulaire filtering, elektrische ontladingen, elektronenbestraling, diëlektrische technieken en UV-straling. De meeste van deze technieken bevinden zich in een vroeg ontwikkelingsstadium. In deze situatie, waarin het onderzoekgebied nog volop in ontwikkeling is, is het evalueren van deze klasse van technieken op hun toepasbaarheid een hachelijke zaak. Want nieuwe vindingen, danwel verbeteringen aan bestaande systemen, kunnen het beeld dat hier wordt geschetst op korte termijn ingrijpend wijzigen.

*Gasreiniging door elektrische technieken;
een evaluatie van toepassingsmogelijkheden*

De evaluatie van de hier beschreven elektrische technieken voor gasreiniging heeft plaatsgevonden op twee manieren. Ten eerste is bezien of sommige van de beschreven elektrische technieken voor gasreiniging boven andere te prefereren zijn. En ten tweede is (voorzover mogelijk), de kans op implementatie van de hier beschreven elektrische technieken geëvalueerd door vergelijking met de beste beschikbare niet-elektrische techniek. Dit laatste heeft slechts op globale wijze plaatsgevonden, omdat het gebied van niet-elektrische (dus mechanische, fysische, chemische) gasreiniging breed is en in de uitgevoerde studie niet centraal heeft gestaan.

In beide gevallen vormt de grote onzekerheid aangaande de ontwikkeling van diverse elektrische technieken, en hun kosten, een belangrijke beperking. Anderzijds kunnen de resultaten van deze studie mede een impuls geven om aan bepaalde aspecten bij toekomstig onderzoek meer - of juist minder - aandacht te besteden.

Vergelijking elektrische technieken onderling

Een evaluatie van de techniek van *elektrogranulaire filtering* wijst uit dat vooral het schuimkeramisch filter als een goede kanshebber moet worden beschouwd. Het is zowel in klein- als grootschalige installaties toepasbaar en er is minder randapparatuur bij nodig dan bij andere typen van elektrogranulaire filtering (EGF). De kosten zouden in dezelfde orde als die van ESP kunnen liggen; het ruimtebeslag van EGF is echter vermoedelijk minder dan de helft.

Bij EGF kunnen gepulste corona-ontladingen worden gebruikt om het stof op te laden. Dit leidt tot de mogelijkheid om simultaan NO_x , SO_2 en andere stoffen (PCB's, PAK's en koolwaterstoffen?) uit een (rook)gasstroom te verwijderen. Het gecombineerd afvangen van verschillende stoffen in één installatie kan sterk kostenverlagend werken.

Met (gepulste) *elektrische ontladingen*, zoals corona en stille ontladingen, kunnen vele gassen, waaronder SO_2 en NO_x , worden afgevangen. Corona-ontladingen worden tevens toegepast voor het verwijderen van deeltjes. Bovendien is gepulste corona, in tegenstelling tot de meeste andere ontladingen, ook bruikbaar bij temperaturen boven circa 400 °C. Bij EGF is dat een globale grens, omdat daarboven de geleidbaarheid van het filtermateriaal sterk kan toenemen. Dit is dus een structureel voordeel van deze technieken boven EGF. Harde kostencijfers ontbreken vooralsnog. Uit systeemstudies voor grootschalige toepassing blijkt dat deze techniek in principe kan concurreren met de somkosten van ESP en bestaande chemisch/fysische technieken.

Elektronenbestraling is vooral aantrekkelijk bij grote debieten, bijvoorbeeld > 20.000 m³/uur. Dit in verband met de minimaal mogelijke afmetingen van de benodigde elektronenversnellers. De methode is in principe geschikt voor het bestrijden van NO_x , SO_2 , VOC's en deeltjes. Systeemstudies wijzen op dit moment uit, dat de coronatechniek wellicht goedkoper is. Beide technieken zijn echter waarschijnlijk goedkoper dan de somkosten van afzonderlijke conventionele reinigingstechnieken.

Diëlektrische (rook)gasreiniging komt in deze studie wat minder kansrijk naar voren. Bij rookgasreinigingstechnieken met een door microgolven opgewekt plasma is nog vrij veel onzeker. De indruk bestaat dat, zelfs bij positief resultaat van laboratoriumproeven, de kosten een bezwaar zullen vormen voor implementatie. Dit omdat, afgezien van de kostbare apparatuur en het hoge stroomverbruik, ook nog hulpmaterialen (bijvoorbeeld C_2H_2) nodig zijn. Andere elektrische technieken voor de verwijdering van

*Gasreiniging door elektrische technieken;
een evaluatie van toepassingsmogelijkheden*

(o.a.) NO_x en SO_2 zijn goedkoper. Het kenmerk van diëlektrische technieken is echter dat ze vaak toepassing vinden in marktniches: zeer specifieke situaties, waarin ze **de** oplossing voor het betreffende probleem blijken te vormen [2]. Een voorbeeld daarvan in dit verband betreft mogelijkserwijs de ontwikkeling van schonere dieselmotoren.

Bij *ultraviolette straling*, tenslotte, kan men onderscheid maken tussen de directe en de indirecte methode. Bij de directe wordt de gehele (rook)gasstroom behandeld, wat zeer veel energie kost. Bij de indirecte wordt ozon gemaakt, die in een bepaalde verdunning aan het rookgas wordt toegevoegd. De kosten van de directe methode zijn tot een factor 1000 hoger dan die van de indirecte. Een voordeel van UV is dat de omvang van de apparatuur flexibel is. UV is ook goed werkzaam bij zeer lage concentraties van verontreinigingen en leent zich daardoor goed voor sommige typen van geurbestrijding. Daarnaast kan UV worden ingezet voor het bestrijden van andere ongewenste verbindingen in gasstromen - vooral PAK's, KW's en SO_2 . Bij grote debieten zullen andere methoden echter vaak goedkoper uitvallen, tenzij door fotokatalytische oxydatie de effectiviteit kan worden verbeterd.

Op basis van het voorgaande kunnen nu de 'beste kanshebbers' worden geselecteerd. Het overzicht wordt gegeven in tabel 1.

*Gasreiniging door elektrische technieken;
een evaluatie van toepassingsmogelijkheden*

Tabel 1 *Kansrijke elektrische technieken van gasreiniging [2]*

Techniek	Af te vangen componenten	Opmerkingen
Elektrogranulaire filtering (EGF) met gesinterd keramisch filter	Deeltjes	– Klein- en grootschalig bruikbaar – Relatief weinig randapparatuur nodig – Omvang < 50% van ESP¹⁾ – Kosten vergelijkbaar met ESP
EGF met gesinterd keramisch filter, gecombineerd met gepulste corona-ontladingen	Deeltjes NO _x , SO ₂ (PCB, PAK, KW)	– Vermoedelijk goedkoper dan de som van partiële conventionele bestrijdingsmethoden
Elektrische ontladingen (gepulste corona-ontlading, stille ontlading, glimontlading)	NO _x , SO ₂ , Hg-damp, ²⁾ deeltjes	– Grootschalig goedkoper dan som partiële bestrijdingsmethoden
	VOS, H ₂ S, geur, xyleen etc.; deeltjes	– Kleinschalig (industrieel) waarschijnlijk eerder op de markt dan grootschalige rookgasreiniging
Elektronenbestraling	NO _x , SO ₂ , VOS's	– Alleen grootschalig, > 20 000 m ³ /h
Diëlektrische verwarming		– In specifieke situaties toepasbaar (bijvoorbeeld naverbranden van roet in uitlaatfilters van dieselmotoren) – Vaak te kostbaar
UV-straling	Geur, HKW's, aromaten	– Mix van direct en indirect (via O₃-productie) – Voor andere dan geurcomponenten vaak te kostbaar³⁾

PCB: polychloor biphenylen; PAK: polyaromatische koolwaterstoffen

KW: koolwaterstoffen

VOS: vluchtige organische stoffen; HKW: halogeen koolwaterstoffen

¹⁾ elektrostatistische precipitatie (van deeltjes); conventionele methode voor stofafvangen bij elektriciteitscentrales

²⁾ wordt kwikchloride

³⁾ tenzij de combinatie met katalysatormaterialen effectief is

De 'kansen' van de hier genoemde technieken krijgen echter pas werkelijke betekenis wanneer ze worden afgewogen tegen bestaande niet-elektrische technieken.

Vergelijking elektrische technieken met niet-elektrische

Het afvangen van *deeltjes* langs niet-elektrische weg vindt plaats met behulp van cyclonen of doekfilter. Cyclonen bezitten een beperkt vangstrendement (tot circa 95%); de kosten van doekfilters zijn vergelijkbaar met die van EGF. EGF is echter ook bij hoge temperatuur mogelijk.

*Gasreiniging door elektrische technieken;
een evaluatie van toepassingsmogelijkheden*

Geur wordt bestreden met actieve kool en met biofiltratie. Beide methoden zijn in principe goedkoper dan UV. In speciale gevallen (bijvoorbeeld bij het afvangen van styreendamp) biedt UV mogelijk voordelen.

Over het langs elektrische weg afvangen van SO₂ en NO_x zijn nog weinig kostengegevens bekend; vergelijking met niet-elektrische technieken is daarom nog slechts indicatief mogelijk.

Samenvattend betekent dit vooral, dat de elektrische technieken nog verder tot ontwikkeling moeten komen om een goed beeld te krijgen van de situaties waarin zijn conventionele technieken kunnen gaan vervangen.

Referenties

- [1] Boot, H., Hinsenveld, M. Jansen, W.J.L., Meijer, G.J., Mot, E. en Munter, H.;
Diëlektrische verhitting in de milieutechnologie. Rapport no. 90-250, TNO-MT, juli 1990.
- [2] Mot, E., Haan, P.H. de, Jansen, W.J.L., Kok, H.J.G., Rutgers, W.R.;
Elektrische technieken voor gasreiniging; een evaluatie van toekomstige toepasbaarheid. TNO/KEMA rapport no. 93-062, maart 1993.

Dit artikel is in hoofdzaak aan [2] ontleend

Het TNO/KEMA-rapport 'Elektrische technieken voor gasreiniging; een evaluatie van toekomstige toepasbaarheid' kan worden besteld door overmaken van een bedrag van f 95,-- exclusief BTW en verzendkosten, op postbankrekening no. 416269 van IMET-TNO, Apeldoorn, onder vermelding van rapport nr. 92-062. Contactpersoon mevrouw T.E. van Kampen, tel. 055 - 49 35 92.

*Gasreiniging door elektrische technieken;
een evaluatie van toepassingsmogelijkheden*

Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever
Holec Projects B.V.
Postbus 258
7550 AG Hengelo

Hoogovens Technical Service B.V.
Postbus 10.000
1970 CA IJmuiden

Novem B.V.
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

Philips Lighting B.V.
Postbus 80020
5600 JM Eindhoven

EnergieNed
Postbus 9042
6800 GD Arnhem

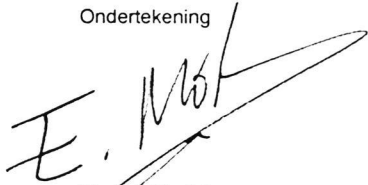
Namen en functies van de medewerkers
Dr. P.H. de Haan,
werkgroep leider Functionele Polymeren en Toepassingen,
Kunststoffen en Rubber Instituut TNO, Delft

Ir. H.J.G. Kok, wetenschappelijk medewerker,
afd. Afgas- en Verbrandingstechnologie,
Instituut voor Milieu- en Energietechnologie TNO, Apeldoorn

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed
KEMA, Arnhem

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad
mei tot en met augustus 1993

Ondertekening



Dr. E. Mot
onderzoekleider
stafingenieur
afd. AVT

Goedgekeurd door



Ir. H.M.G. Temmink
werkgroep leider
Thermische Conversie en
Gasreiniging, afd. AVT