

19



Octrooiraad
Nederland

11 9500577

12 A TERINZAGELEGGING

21 Aanvraag om octrooi: 9500577

51 Int.Cl.⁶
B01D53/52, C02F3/30, B01D3/34

22 Ingediend: 24.03.95

43 Ter inzage gelegd:
01.11.96 I.E. 96/11

71 Aanvrager(s):
Paques B.V. te Balk.

72 Uitvinder(s):
Cees Jan Nico Buisman te Harich

74 Gemachtigde:
Ir. L.C. de Bruijn c.s. te 2517 KZ Den Haag.

54 Werkwijze voor het reinigen van gassen.

57 Beschreven worden een inrichting en een werkwijze voor de reiniging van een waterstofsulfide bevattend gas, waarbij men het gas in een eerste gaswasser wast met een basische wasvloeistof en de gebruikte wasvloeistof in een eerste aërobe reactor behandelt met zuurstof in aanwezigheid van sulfide oxiderende bacteriën en het effluent van de eerste aërobe reactor weer als wasvloeistof gebruikt en bij de behandeling met zuurstof gevormde elementaire zwavel uit het effluent afscheidt, waarbij men het effluent waaruit zwavel is afgescheiden in een anaërobe reactor behandelt met sulfaat reducerende bacteriën en terugvoert naar de eerste aërobe reactor. De inrichting en werkwijze kunnen ook worden aangepast voor de gelijktijdige verwijdering van SO₂, COS, CS₂, NH₃ en HCN.

NL A 9500577

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Werkwijze voor het reinigen van gassen.

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor de reiniging van een waterstofsulfide en eventueel andere verontreinigingen bevattend gas, waarbij men het gas in een eerste gaswasser wast met een basische wasvloeistof en de gebruikte was-
5 vloeistof in een eerste aërobe reactor behandelt met zuurstof in aanwezigheid van sulfide oxiderende bacteriën en het effluent van de eerste aërobe reactor weer als wasvloeistof gebruikt en bij de behandeling met zuurstof gevormde elementaire zwavel uit het effluent afscheidt.

Een dergelijke werkwijze is bekend uit de Internationale octrooiaanvraag WO
10 92/10270. Deze werkwijze is geschikt voor de verwijdering van waterstofsulfide (H_2S) en eventueel andere gereduceerde zwavelverbindingen zoals mercaptanen en koolstofdisulfide, of voor de verwijdering van zwaveldioxide (SO_2).

Een nadeel van de bekende werkwijze is dat bij de biologische oxidatie van sulfide geringe hoeveelheden sulfaat ontstaan en dat geen oplossing wordt geboden voor
15 de ongewenste ophoping daarvan. Ook is de bekende werkwijze niet geschikt voor de verwijdering van andere verontreinigingen die naast H_2S aanwezig kunnen zijn, zoals ammoniak (NH_3), blauwzuur (HCN), zwaveldioxide (SO_2), carbonylsulfide (COS) en/of koolstofdissulfide (CS_2).

Gevonden is nu een werkwijze voor het reinigen van gassen, waarbij waterstof-
20 sulfide zonder noemenswaardige residuen wordt verwijderd en waarbij tevens veel voorkomende andere ongewenste gasvormige componenten zoals ammoniak, blauwzuur, zwaveldioxide, koolstofdissulfide of carbonylsulfide, kunnen worden verwijderd zonder dat afzonderlijke voor- of nabehandelingen en bijbehorende installaties nodig zijn. De werkwijze levert slechts vaste elementaire zwavel en, indien het te reinigen gas ook
25 stikstofverbindingen zoals NH_3 of HCN bevat, moleculaire stikstof (N_2) op, welke beide zonder bezwaar benut respectievelijk geloosd kunnen worden. De werkwijze is bijzonder geschikt voor de reiniging van stookgassen (aardgas, kolengas) en andere gassen die na zuivering nuttig worden gebruikt. De werkwijze is ook geschikt voor het reinigen van
30 gassen die niet meer worden gebruikt en uiteindelijk worden geloosd, eventueel na affakkelen zoals rookgassen en industriële gassen, bij voorbeeld Claus-afgassen (gassen die ontstaan bij de omzetting van hoge concentraties H_2S met SO_2 onder vorming van elementaire zwavel).

De werkwijze volgens de uitvinding heeft als kenmerk dat men het effluent van de eerste aërobe reactor, waaruit zwavel is afgescheiden, in een anaërobe reactor met sulfaat reducerende bacteriën behandelt en terugvoert naar de eerste aërobe reactor.

5 Door de toepassing van de na de aërobe reactor geschakelde anaërobe reactor wordt het sulfaat dat de aërobe reactor verlaat tot sulfide gereduceerd. Ook wanneer het te reinigen gas naast waterstofsulfide zwaveldioxide bevat, wordt dit laatste (in de vorm van sulfiet of sulfaat) tot sulfide gereduceerd.

10 De voor de reductie van sulfaat en sulfiet en andere geoxideerde zwavelverbindingen in de anaërobe reactor werkzame bacteriën (hier aangeduid als sulfaat reducerende bacteriën) behoren bij voorbeeld tot de geslachten *Desulfovibrio*, *Desulfotomaculum*, *Desulfomonas*, *Desulfobulbus*, *Desulfobacter*, *Desulfococcus*, *Desulfonema*, *Desulfosarcina*, *Desulfobacterium* en *Desulfuromas*. Dergelijke bacteriën zijn zonder problemen uit diverse anaërobe culturen beschikbaar en/of groeien spontaan in de anaërobe reactoren.

15 Voor de biologische reductie in de anaërobe reactor zijn reductie-equivalenten (elektronendonoren) nodig. Geschikte elektronendonoren zijn onder meer waterstof, koolmonoxide, kleine alcoholen (bijv. methanol en ethanol) en andere gemakkelijk biologisch oxideerbare organische stoffen zoals acetaat, propionaat, glucose, sucrose, zetmeel en dergelijke.

20 Het sulfide-houdende effluent van de anaërobe reactor wordt teruggeleid naar de aërobe reactor, alwaar het sulfide weer grotendeels in elementaire zwavel wordt omgezet.

25 De hoeveelheid in de aërobe reactor toegevoerde zuurstof regelt men zo dat bij de oxidatie van het geabsorbeerde sulfide hoofdzakelijk elementaire zwavel ontstaat. Als bacteriën die in de aërobe reactor in aanwezigheid van zuurstof sulfide en andere zwavelverbindingen met lage oxidatiegraad tot elementaire zwavel oxideren (hier aangeduid als sulfide oxiderende bacteriën) komen de daartoe bekende autotrofe aërobe culturen in aanmerking, zoals van de geslachten *Thiobacillus* en *Thiomicrospira*.

30 De vorming van zwavel in de aërobe reactor leidt tot een zwavelsuspensie, die wordt afgetapt. De zwavel uit deze suspensie wordt afgescheiden en opgewerkt door drogen en eventueel zuiveren, en hergebruikt.

Ongeveer 90% van de in gaswasser gebruikte alkaliteit wordt bij de oxidatie in de aërobe reactor teruggevormd. In de anaërobe reactor wordt het merendeel van de overige 10% van de alkaliteit teruggevormd.

Een deel van het effluent van de aërobe reactor wordt als wasvloeistof naar de gaswasser teruggeleid. Bij voorkeur heeft dit een pH van 7,5–9,5, in het bijzonder van 8–9,2. Een betrekkelijk hoge pH, zoals tussen 9 en 9,5, heeft het voordeel dat bi-carbonaat (CO_2) beter in oplossing blijft en de bufferende werking dus effectiever is.

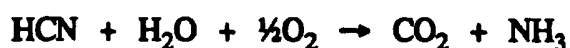
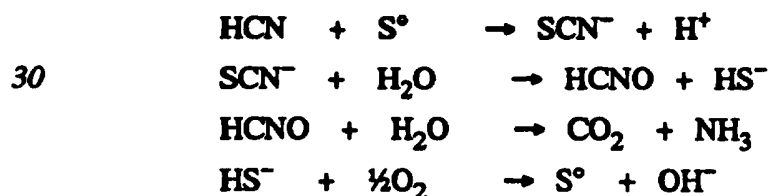
5 Bij een lagere pH van bijvoorbeeld 8–8,5 is elementaire zwavel stabiel.

Zonodig wordt de pH door toevoeging van loog of soda bijgesteld. Indien het te reinigen gas weinig CO_2 bevat, zoals in het geval van aardgas ($< 5\% \text{CO}_2$), voegt men bij voorkeur CO_2 of een equivalent daarvan zoals (bi)carbonaat toe, om zowel de pH bij te stellen als de bufferende werking te verhogen. Deze toevoeging kan plaats
10 vinden in de aërobe reactor zodat daar de gewenste pH wordt ingesteld, of in de (eerste) gaswasser. Ook kan een organische elektronendonor, zoals acetaat, suikers e.d., in de anaërobe reactor worden gebracht, die door de bacteriën aldaar wordt omgezet in (bi)carbonaat. Aldus zijn de elektronen donerende, pH verhogende en bufferende functies gecombineerd.

15 Voor het verlagen van de pH na de wasser zijn in het algemeen geen neutraliserende middelen nodig, zodat er in de recirculerende wasvloeistof nauwelijks zouten opgebouwd worden.

Doordat men bij voorkeur als wasvloeistof het effluent van de aërobe reactor gebruikt waaruit de elementaire zwavel nog niet of niet volledig is afgescheiden, bevat
20 het waswater elementaire zwavel, dat de absorptie van H_2S , maar ook van SO_2 en HCN , uit de te reinigen gassen bevordert. Daarbij worden respectievelijk di- en polysulfide (HS_n^- ; $n \geq 2$), thiosulfaat (HS_2O_3^-) en thiocynaat (SCN^-) gevormd. Bij voorkeur bevat de wasvloeistof 1–50, in het bijzonder 10–50 g elementaire zwavel per l.

In het bijzonder in het geval van aanwezigheid van HCN als component in het
25 gas is elementaire zwavel in de wasvloeistof nuttig. Het voor de meeste bacteriën giftige cyanide wordt daardoor omgezet in het veel minder giftige thiocynaat, dat vervolgens biologisch en/of chemisch wordt afgebroken zoals blijkt uit onderstaande reactievergelijkingen:



Uiteindelijk wordt HCN dus omgezet in kooldioxide en ammoniak. De ammoniak kan indien gewenst verder worden omgezet, zoals hieronder wordt toegelicht.

Wanneer het te reinigen gas naast H_2S andere vluchtige zwavelverbindingen zoals kleine alkylmercaptanen of koolstofdissulfide bevat, kan de afgewerkte wasvloeistof die de zwavelverbindingen bevat rechtstreeks in de aërobe reactor met de sulfide oxiderende bacteriën worden gebracht. Wanneer deze gereduceerde zwavelverbindingen opgelost zijn, worden deze aangeduid als "sulfide", maar onder deze term worden ook andere gereduceerde zwavelverbindingen verstaan, zoals opgelost waterstofsulfide (H_2S of HS^-), disulfide, polysulfide, thiocarbonaten, alkaanthiolaten, e.d..

Indien het gas ook CO_2 bevat, zal dit ook ten dele in de wasvloeistof worden geabsorbeerd. Het geabsorbeerde kooldioxide zal in de vorm van bicarbonaat een gunstige bufferende werking op de wasvloeistof hebben. Bovendien wordt een deel van het CO_2 in de aërobe reactor gestript wat leidt tot pH-verhoging.

De sulfideconcentratie in de gebruikte wasvloeistof met een pH van ongeveer 8,5 zal, uitgedrukt als zwavel, bij reiniging van gassen met ongeveer atmosferische druk gewoonlijk ongeveer 80–800 mg/l bedragen. Dit is een lagere concentratie dan de concentratie die in een conventionele, bij een pH van 10 tot 11 werkende, H_2S -wasser wordt bereikt. Daarom zal de wasser groter moeten zijn dan een conventionele wasser en zal er een hogere verhouding water/gasstroom worden toegepast, bijvoorbeeld een verhouding van waterstroom tot gasstroom van 0,1 tot 0,25. Bij gassen onder druk, zoals stookgas (bijv. 20 bar) of aardgas (bijv. 75 bar) kan de sulfideconcentratie oplopen tot 3 g/l, en zijn de eisen aan de wasser en de water/gas-verhouding dus minder streng.

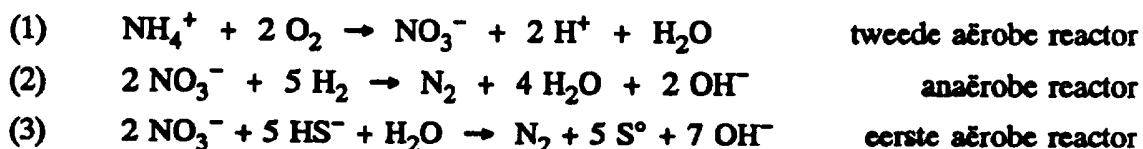
De werkwijze volgens de uitvinding heeft in het bijzonder voordelen voor de reiniging van gassen die aanzienlijke hoeveelheden van andere ongewenste componenten bevatten. Een belangrijke andere verontreiniging is ammoniak. Wanneer gas moet worden gereinigd dat naast H_2S (en eventueel SO_2) ook ammoniak bevat, zal dit tot op zekere hoogte in de besproken gaswasser geabsorbeerd worden en in de aërobe reactor omgezet worden.

Het verdient echter de voorkeur om, wanneer men de hoeveelheid te lozen ammoniak drastisch wil beperken, een tweede, voor de eerste geschakelde, gaswasser toe te passen en het gas daarin met een wasvloeistof met een lagere pH te wassen. Aldus wordt NH_3 efficiënter uitgewassen. De wasvloeistof in de tweede gaswasser heeft daarbij voorkeur een pH van 5 tot 7,5 en in het bijzonder van 6 – 7. Bij voorkeur wast men het gas eerst in de tweede gaswasser met de lagere pH, hoofdzakelijk met het oog op

absorptie van NH_3 , en daarna in de als eerste besproken gaswasser met de hogere pH, vooral met het oog op absorptie van H_2S .

De gebruikte wasvloeistof uit de tweede gaswasser kan vervolgens worden gecombineerd met de gebruikte wasvloeistof uit de eerste gaswasser, en achtereenvolgens aan biologische oxidatie en reductie worden onderworpen. Een groot deel van de ammoniak zal in de aërobe reactor waar sulfide wordt geoxideerd niet worden omgezet. Daarom gebruikt men bij voorkeur een tweede aërobe reactor, die wordt gevoed met het effluent van de eerste aërobe reactor, waaruit elementaire zwavel zo veel mogelijk is afgescheiden.

In deze tweede aërobe reactor wordt ammoniak door nitrificerende bacteriën in aanwezigheid van zuurstof omgezet in nitraat. Het effluent van de nitrificerende aërobe reactor wordt vervolgens voor een deel in de al besproken anaërobe reactor geleid, alwaar het nitraat door denitrificerende bacteriën, in aanwezigheid van een elektronen-donor zoals waterstof, wordt gereduceerd tot stikstof. Het effluent van de anaërobe reactor wordt, zoals al eerder beschreven, teruggeleid naar de eerste aërobe reactor. De volgende reacties treden daarbij op:



Aangezien de pH van het effluent van de tweede aërobe reactor door de nitraatvorming verlaagd is, gebruikt men een deel van dit effluent met voordeel als wasvloeistof voor de tweede gaswasser. Zo nodig kan de pH door toevoeging van zuur of base of door vermenging met andere effluënten verder worden aangepast. Het nitraat kan dan in de eerste aërobe reactor deels worden omgezet in moleculaire stikstof (reactie (3)).

De werkwijze volgens de uitvinding is ook uitstekend toepasbaar voor het reinigen van gas dat naast H_2S (en eventueel SO_2 en/of NH_3) tevens blauwzuur bevat. Zoals al beschreven kan men de absorptie van het HCN bevorderen door middel van in de wasvloeistof opgeloste of gesuspendeerde elementaire zwavel. Het HCN zal, in geval van twee gaswassers zoals hierboven beschreven, voornamelijk in de eerste (achter de tweede geschakelde), meer basische gaswasser worden geabsorbeerd. Het gevormde nitraat wordt door de combinatie van anaërobe en aërobe reactoren uiteindelijk omgezet in stikstof.

Ook indien het te reinigen gas koolstofdissulfide en/of carbonylsulfide bevat, kan dit met de werkwijze volgens de uitvinding doeltreffend worden verwijderd. Bij

voorkeur gebruikt men hierbij meer dan een gaswasser zoals hierboven voor de verwijdering van ammoniak is beschreven. Voor een zeer grondige verwijdering van COS past men twee gaswassers van het basische type in serie toe, waarbij effluent uit de eerste aërobe reactor voor beide als wasvloeistof kan worden gebruikt. Geabsorbeerd
 5 COS en CS₂ wordt in de aërobe reactor hoofdzakelijk omgezet in carbonaat en zwavel.

De volgens de uitvinding te gebruiken gaswassers kunnen van een gebruikelijk type zijn, zolang in de gaswassers een effectief contact tussen de gasstroom en de wasvloeistof tot stand wordt gebracht.

De volgens de uitvinding te gebruiken anaërobe en aërobe reactoren kunnen van
 10 elk geschikt type zijn. Bij voorkeur gebruikt men, in het bijzonder voor de aërobe reactor(en), reactoren van het verticaal circulerende type, zoals bij voorbeeld beschreven in de Internationale octrooiaanvraag 94/29227, waarin het toe te passen gas (in de aërobe reactor is dat gewoonlijk lucht) voor de verticale circulatie kan zorgen.

De uitvinding heeft eveneens betrekking op een inrichting voor de uitvoering
 15 van de werkwijze zoals hierboven beschreven. Voorbeelden daarvan zijn weergegeven in figuren 1 en 2.

Voorbeelden en figuurbeschrijving

Voorbeeld 1

*Verwijdering van zwavelverbindingen in afwezigheid van noemenswaardige
 20 hoeveelheden stikstofverbindingen*

Claus-afgas (ca. 40% CO₂, 45% H₂O, 8% N₂) met als voornaamste verontreinigingen H₂S en SO₂ en daarnaast COS en CS₂ wordt gereinigd in een inrichting als weergegeven in figuur 1.

Het verontreinigde gas komt via leiding 1 onderaan gaswasser 5 binnen. Het
 25 schone gas verlaat de wasser aan de bovenzijde via leiding 2. Het gas wordt gereinigd met wasvloeistof die via 3 wordt aangevoerd. De met sulfide en eventueel sulfiet beladen wasvloeistof verlaat de wasser aan de onderzijde via 4 en wordt naar de aërobe reactor 6 geleid. Bij 4 kunnen zo nodig nutriënten voor de biomassa worden toegevoerd.

In de aërobe reactor 6 wordt sulfide in de wasvloeistof met bacteriën en
 30 zuurstof voornamelijk omgezet in zwavel. De reactor wordt via beluchtingssysteem 7 van lucht voorzien. De afgewerkte lucht kan gewoonlijk zonder problemen via 8 in de buitenlucht worden afgelaten.

9 5 0 0 5 7 7

Het effluent van de aërobe reactor 6 wordt deels gebruikt als wasvloeistof voor de gaswasser 5. Het overige deel wordt via 10 naar de zwavelafscheider 11 geleid en daar grotendeels ontdaan van zwavel. De afgescheiden zwavelslurry wordt via 12 afgevoerd, ontwaterd en eventueel gezuiverd voor hergebruik.

5 De sulfaat/sulfiet houdende stroom 13 wordt naar de anaërobe reactor 17 geleid. Via 15 wordt een elektronendonor toegevoerd. In geval van een gasvormige elektronen-donor wordt een spugas via 16 afgelaten en eventueel deels gerecirculeerd. In de anaërobe reactor worden sulfaat en sulfiet omgezet in sulfide. Het effluent wordt via 14 teruggesteerd naar de aërobe reactor 6, waar het sulfide weer voornamelijk in zwavel
10 wordt omgezet. Om ophoping van verontreinigende, niet afbreekbare componenten tegen te gaan is een kleine spui 18 nodig. Wanneer de spui zich, zoals in Fig. 1, na de anaërobe reactor bevindt, zal deze sulfide bevatten en dient deze gewoonlijk nabehandeld te worden. Indien de lozing van lage concentraties sulfaat aanvaardbaar is, kan de spui zich ter hoogte van leiding 13 bevinden, en behoeft deze niet te worden
15 nabehandeld.

In het hier beschreven geval van Claus-afgas bevat het verontreinigde gas ook COS en/of CS₂ en wordt het gereinigde gas niet meer gebruikt (gewoonlijk wordt het afgefakkeld). Het gas wordt dan na 5 in een biologische trickling-filter-installatie 19 nabehandeld. Hiertoe wordt via 21 lucht gevoerd in filterinstallatie 19, die eenzelfde
20 biomassa bevat als de aërobe reactor 6. Resten COS en CS₂ worden hier geabsorbeerd en omgezet in hoofdzakelijk zwavel en/of sulfaat, en CO₂. Het gezuiverde gas wordt via 20 afgevoerd. Het waswater van de biowasser is afkomstig van de aërobe reactor via 22 en wordt via 23 naar de aërobe reactor teruggevoerd.

De resultaten van de behandeling volgens dit voorbeeld zijn vermeld in de
25 onderstaande tabel.

Voorbeeld 2

Verwijdering van zwavelverbindingen in afwezigheid van noemenswaardige hoeveelheden stikstofverbindingen.

Stookgas met als hoofdbestanddelen H₂ en CO en met als voornaamste veront-
30 reiniging H₂S wordt gereinigd in een inrichting als weergegeven in figuur 1, waarin echter het trickling filter 19 met bijbehorende voorzieningen 20-23 ontbreekt.

De resultaten van de behandeling volgens dit voorbeeld zijn vermeld in de onderstaande tabel.

Tabel

Stroom		Voorbeeld 1	Voorbeeld 2	Voorbeeld 3
1	debiet	5000 Nm ³ /h	13500 m ³ /h*	15000 m ³ /h*
	H ₂ S (vol.%)	0,4	0,3	0,3
	SO ₂ (vol.%)	0,2	-	-
	COS (ppm)	500	-	400
	CS ₂ (ppm)	280	-	-
	NH ₃ (ppm)	-	-	150
	HCN (ppm)	-	-	150
2	H ₂ S (ppm)	< 5	< 5	
	SO ₂ (ppm)	< 5	-	
20	H ₂ S (ppm)	0	nvt	< 5
	COS (ppm)	125	nvt	100
	CS ₂ (ppm)	140	nvt	
	NH ₃ (ppm)	-	nvt	< 5
	HCN (ppm)	-	nvt	< 5
33/34	debiet (m ³ /h)	nvt	nvt	85
3/4	debiet (m ³ /h)	85	1450	1530
22/23	debiet (m ³ /h)	20	nvt	85
12	10 % S slurry	0,4	10	10
13	debiet (m ³ /h)	25	150	
	SO ₄ ²⁻ (g/l)	2	2	
15	H ₂ -debiet	7	150	230
18	spui (m ³ /h)	1,4	3	
reactor 6	volume (m ³)	200	4500	4500
reactor 36	volume (m ³)	nvt	nvt	450
reactor 17	volume (m ³)	70	475	750

*: bij 20 bar

9 5 0 0 5 7 7

Voorbeeld 3***Verwijdering van zwavelverbindingen en stikstofverbindingen***

Stookgas (synthesegas) met als hoofdbestanddelen H_2 en CO en met als voor-
 naamste verontreinigingen H_2S , COS, NH_3 en HCN wordt gereinigd in een inrichting
 5 als weergegeven in figuur 2.

Het verontreinigde gas komt via leiding 1 onder in gaswasser 31, waar voor-
 namelijk NH_3 uit het gas wordt gewassen met wasvloeistof die via 33 uit aërobe reactor
 36 wordt aangevoerd. Het deels gereinigde gas verlaat de wasser aan de bovenzijde en
 wordt via leiding 32 geleid naar de gaswasser 5, waar het merendeel van H_2S en HCN
 10 met wasvloeistof 3 wordt verwijderd. Om COS en resten H_2S en HCN te verwijderen
 wordt het gas via 2 naar gaswasser 30 geleid en aldaar met via 22 aangevoerde
 wasvloeistof wordt gewassen. De wasvloeistof voor wassers 5 en 30 is afkomstig van
 de aërobe reactor 6.

De beladen wasvloeistoffen 34, 4 en 23 verlaten de wassers aan de onderzijde
 15 en worden naar de aërobe reactor 6 geleid. In de aërobe reactor 6 wordt sulfide in de
 wasvloeistof met bacteriën en zuurstof voornamelijk omgezet in zwavel. Slechts een
 klein deel van de ammonia wordt hier tot nitraat geoxideerd. De reactor wordt via
 beluchtingssysteem 7 van lucht voorzien. De afgewerkte lucht kan via 8 naar de tweede
 aërobe reactor worden geleid en nogmaals voor oxidatie worden gebruikt.

Het effluent van de aërobe reactor 6 wordt deels gebruikt als wasvloeistof voor
 de gaswassers 5 en 30. Het overige deel wordt via 10 naar de zwavelafscheider 11
 geleid en daar grotendeels ontdaan van zwavel. De afgescheiden zwavelslurry wordt via
 12 afgevoerd, ontwaterd en eventueel gezuiverd voor hergebruik.

Het effluent van de zwavelafscheider wordt via 13 naar de tweede aërobe
 25 reactor 36 geleid. Met behulp van bacteriën en zuurstof wordt de overige ammonia in
 nitraat omgezet. De reactor wordt via een beluchtingssysteem van lucht voorzien.
 Hiertoe wordt het afgas 8 van de eerste aërobe reactor aangevuld met luchtstroom 35.
 De afgewerkte lucht kan gewoonlijk zonder problemen via 37 in de buitenlucht worden
 afgelaten.

Het effluent van de aërobe reactor 36 wordt via 38 afgetapt en deels gebruikt
 30 als wasvloeistof 33 voor de gaswasser 31. Het overige deel wordt via 39 naar de
 anaërobe reactor 17 geleid. Via 15 wordt een elektronendonor toegevoerd. In geval van
 een gasvormige elektronendonor wordt een spugas via 16 afgelaten en eventueel deels
 gerecirculeerd. In de anaërobe reactor 17 wordt sulfaat omgezet in sulfide.

Het effluent wordt via 14 teruggeleid naar de aërobe reactor 6, waar het sulfide weer voornamelijk in zwavel wordt omgezet. Om ophoping van verontreinigende, niet afbreekbare componenten tegen te gaan is een kleine spui 18 nodig. Deze dient eventueel nabehandeld te worden.

- 5 De resultaten van de behandeling volgens dit voorbeeld zijn vermeld in de bovenstaande tabel.

Conclusies

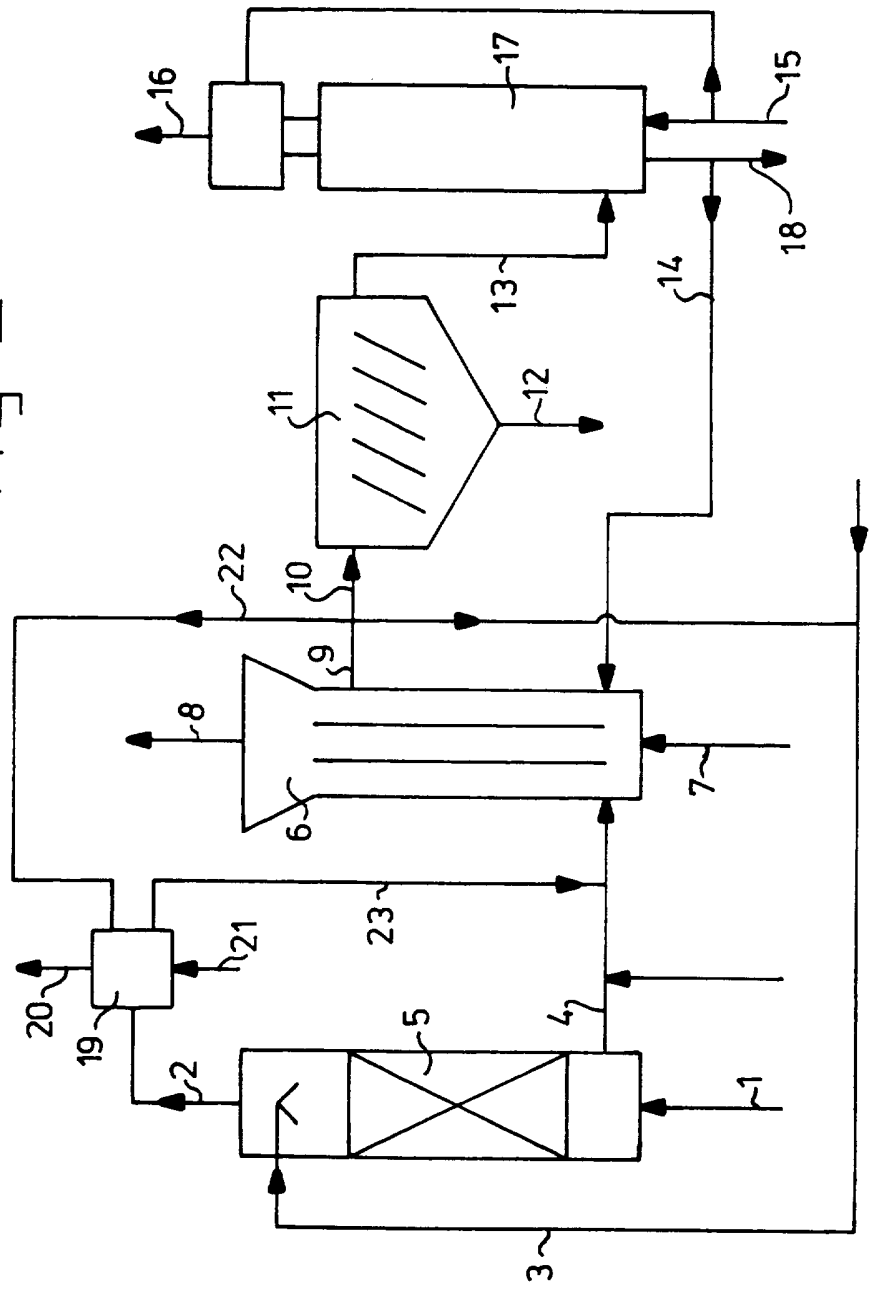
1. Werkwijze voor de reiniging van een waterstofsulfide bevattend gas, waarbij men het gas in een eerste gaswasser wast met een basische wasvloeistof en de gebruikte wasvloeistof in een eerste aërobe reactor behandelt met zuurstof in aanwezigheid van sulfide oxiderende bacteriën en het effluent van de eerste aërobe reactor weer als wasvloeistof gebruikt en bij de behandeling met zuurstof gevormde elementaire zwavel uit het effluent afscheidt, met het kenmerk, dat men het effluent waaruit zwavel is afgescheiden in een anaërobe reactor behandelt met sulfaat reducerende bacteriën en terugvoert naar de eerste aërobe reactor.
2. Werkwijze volgens conclusie 1, waarbij de wasvloeistof in de eerste gaswasser een pH van 8 – 9,5 heeft.
3. Werkwijze volgens conclusie 1 of 2, waarbij men aan de anaërobe reactor een elektronendonor zoals waterstof of een gemakkelijk oxideerbare organische stof toevoert.
4. Werkwijze volgens een der conclusies 1–3, waarbij het waterstofsulfide bevattende gas tevens zwaveldioxide bevat.
5. Werkwijze volgens een der conclusies 1–4, waarbij het waterstofsulfide bevattende gas tevens ammoniak bevat en men het gas in een tweede gaswasser wast met een wasvloeistof en de gebruikte wasvloeistof uit de tweede gaswasser tezamen met de gebruikte wasvloeistof uit de eerste gaswasser behandelt.
6. Werkwijze volgens conclusie 5, waarbij men het gas eerst in de tweede gaswasser wast en de wasvloeistof in de tweede gaswasser een pH van 6 – 8,5 heeft.
7. Werkwijze volgens conclusie 5 of 6, waarbij men de gebruikte wasvloeistof waaruit zwavel is afgescheiden voorafgaande aan de behandeling in de anaërobe reactor in een tweede aërobe reactor behandelt met nitrificerende bacteriën.
8. Werkwijze volgens conclusie 7, waarbij men het effluent van de tweede aërobe reactor gebruikt als wasvloeistof in de tweede gaswasser.
9. Werkwijze volgens een der voorgaande conclusies, waarbij het gas tevens blauwzuur bevat en men de basische wasvloeistof tevens 1–50 g elementaire zwavel per l doet bevatten.
10. Werkwijze volgens een der voorgaande conclusies, waarbij het gas tevens carbonylsulfide bevat en men de eerste gaswasser dubbel uitvoert.

11. Werkwijze volgens een der voorgaande conclusies, waarbij het gas minder dan 5% kooldioxide bevat, en men aan de wasvloeistof kooldioxide, (bi)carbonaat of een in (bi)carbonaat omzetbare organische stof toevoegt.

5 12. Inrichting voor uitvoering van de werkwijze volgens een der voorgaande conclusies, omvattende een of meer gaswassers (5, 30, 31) met toe- en afvoerleidingen voor gas (1, 2, 20, 32) en middelen voor de toevoer, verspreiding, opvang en afvoer van wasvloeistof, een of meer aërobe reactoren (6, 36) met toe- en afvoerleidingen voor gas (7, 8, 35, 37) en middelen voor de toevoer en afvoer van vloeistof, een afscheider voor de scheiding van vaste stof en vloeistof (11), en een anaërobe reactor (17) met een
10 toevoerleiding voor elektronendonor (15) en middelen voor de toevoer en afvoer van vloeistof.

13. Inrichting volgens conclusie 12, waarbij de middelen voor toevoer en afvoer van vloeistof zijn verbonden zoals weergegeven in figuur 2.

fig-1



9 5 0 0 5 7 7

fig-2

