

Fabricage van de grondstoffen voor Neopreen.

In samenwerking met de Heer J.M.Vercruijssse werd een fabricageschema voor Neopreen opgesteld.

De bereiding van de kunstrubber zelf werd door de Heer Vercruijssse uitgevoerd, terwijl die der grondstoffen, t.w. acetyleen en zoutzuurgas door ondergetekende werd opgezet.

1. Installatie benodigd voor de fabricage van acetyleen.

In de praktijk wordt acetyleen op twee manieren bereid. De belangrijkste is die uit carbide door inwerking van water. Ook kan het gas uit lagere koolwaterstoffen ontstaan door deze gassen door een elektrische boog te voeren. De eerste methode is wegens eenvoud der apparatuur en de lage prijzen van de carbidegrondstoffen het meest aantrekkelijk. In Duitsland beschikte men over veel lagere koolwaterstoffen, waardoor het boogproces ^{daar} naast het carbideproces vaste voet verkreeg.

In het opgestelde schema werd van het carbideproces gebruik gemaakt.

De grondstoffen hiervoor zijn kalksteen en cokes. Uit een mengsel van deze twee stoffen wordt eerst ongebluste kalk gefabriceerd, waarna uit deze laatste stof samen met cokes in een elektrische oven het calciumcarbide wordt gemaakt.

Op het terrein van de fabriek wordt de cokes vanuit een schip of een spoorwagon op een hoop gestort(1). Daar de cokes vaak zeer ongelijk van stukgrootte is, wordt als eerste bewerking gebroken in een walsbreker (2). Een transportband vervoert de gebroken cokes samen met het gruis naar de roterende zeef (3). Het gruis wordt afgescheiden en de gezeefde cokes door een tweede transportband naar de voedingsbunker van de roterende cokesdroger gevoerd(4). F

Door de samenwerking van de draaiende beweging en de helling van de trommel wordt het materiaal langzaam naar het laagste punt gebracht. In tegenstroom wordt een hete gasmassa doorgeblazen, waardoor de gewenschte droging wordt verkregen. Nadat de weg door de trommel is afgelegd, valt de cokes in

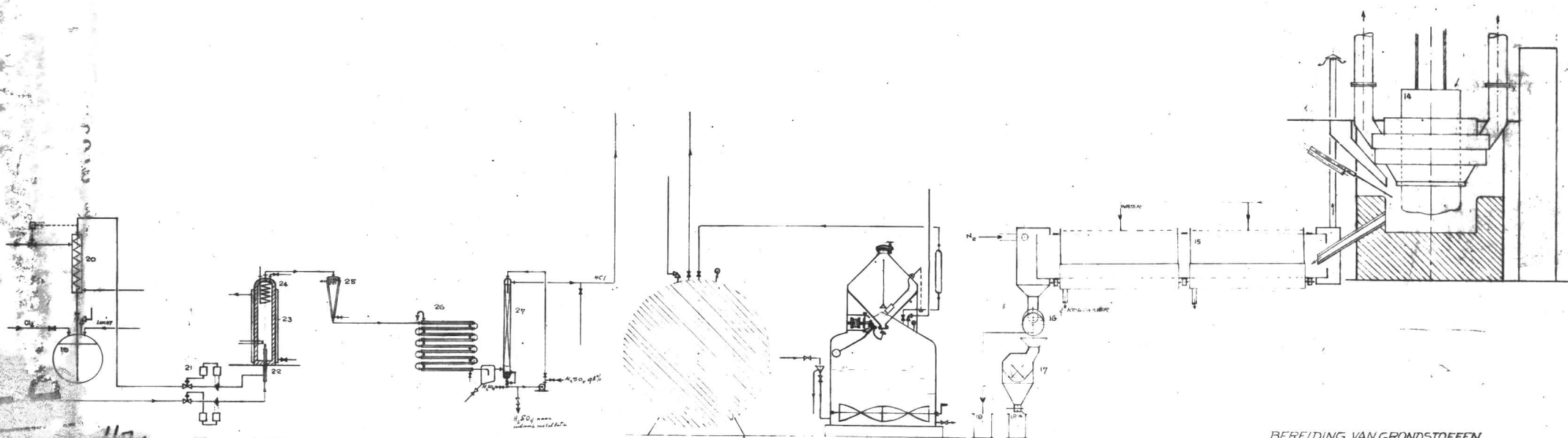
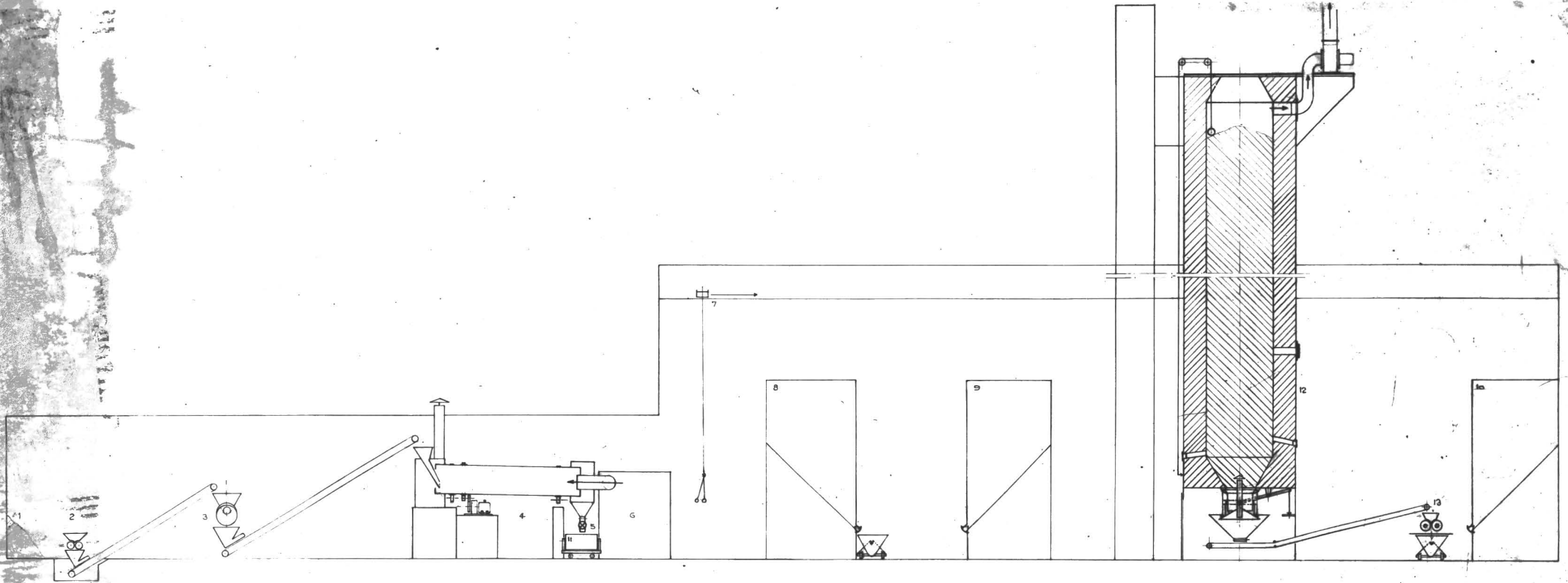
F Deze droging is echter niet strikt noodzakelijk, daar in de kalk- en carbide oven tydens de verwarming van het materiaal voldoende ontwatering plaats heeft.

Kraken

Stort het met
een modermere ont-
breking?

Tevens is
bereiding mogelijk
door partiële ver-
branding van CH_4
en door thermisch
breken van lagere
koolwaterstoffen.

Droging is
slecht mogelijk



1170

BEREIDING VAN GRONDSTOFFEN
 VOOR NEOPREEN
 J. VISSER FEBRUARI 1950

een kleine bunker. Hieruit kunnen kipkarren gevuld worden door draaien van de vulklep (5), welke als gasafsluiter is ingericht.

In de oven (6), welke dient voor het opwekken van de verbrandingsgassen, die voor de cokesdroging gebruikt worden, kan een nuttig gebruik gemaakt worden van het cokesgruis, dat in de roterende zeef afgescheiden wordt.

De afgewerkte gassen gaan via de schoorsteen op de droger (4) naar buiten.

Voor een continuproces in de kalkoven is het wenselijk, dat de cokes in een bunker (8) wordt gestort, welke een aanzienlijke buffervoorraad kan bevatten.

Ditzelfde geldt ook voor de kalksteen en de ongebluste kalk. Voor deze stoffen zijn de bunkers 9 en 10 opgesteld.

Storten in deze drie bunkers kan geschieden door middel van een gemeenschappelijke hijsinrichting (7), die over een door de gehele fabrieksruimte lopende rail verplaatsbaar is. De gebruikte kipkarren^{11/} hebben een uithefbare bak, welke hangend in de takel boven de bunker door draaien om de steunpunten kan worden geleegd.

De kalkoven (12) is van hetzelfde type als die, welke bij Electro in Amsterdam in gebruik is.

De isolerende wand van de brandruimte bestaat uit een 80 cm dikke laag chamottesteen, welke omgeven is door een stalen wand. Onderaan is de brandruimte afgesloten door een z.g. pennekoker, welke in de afgesloten stand rust op een conus. Deze pennekoker kan verticaal bewegen om de cilindrische valpijp; de beweging heeft plaats door middel van een hefboom en handwiel.

Wordt de pennekoker omhoog bewogen, dan valt de kalk door de opening tussen pennen en conus in de opvangbak., welke door een schuif kan worden afgesloten.

De verbrandingslucht stroomt door de centrale pijp, die tegen verstopping beschermd wordt door een conisch kapje.

Het vullen van de oven heeft plaats door middel van **genoemde** kipkarren, welke in de hettoren naast de oven omhoog gaan en daarna, na verwijdering van de afsluitplaat, leeggestort worden. Voor het afzuigen van de gassen is een centrifugaal-luchtpomp opgesteld. Daar het ^{Deze wanden in de buitenlucht afgevoerd.} CO₂ gehalte van deze gassen belangrijk is (bij een proefoven in kleine uitvoering bleek 40% CO₂ aanwezig te zijn) kan men er eventueel toe overgaan

En in de praktijk

dit gas op te vangen, te zuiveren en als bijproduct te verkopen. Het is natuurlijk niet zonder meer uit te maken of dit inderdaad economisch verantwoord is.

Voor het bepalen van de brandtemperatuur in de oven zijn kijkglazen aangebracht. Eveneens zijn openingen aanwezig voor het aansteken van de oven, b.v. na revisie.

De vulling bestaat in dit geval uit een laag houtwol of andere afval, waarop een laag cokes volgt. Hierop stort men een laag, die relatief meer cokes dan kalksteen bevat. Langzamerhand brengt men daarna de samenstelling ^{van de volgende lagen} op 10 gew.dln. kalksteen tegen 1 gew.dl. cokes.

100% = 13 1/4 cokes

De kalk, die uit de oven komt, bestaat gedeeltelijk uit brokken, de rest is poeder. Het product wordt daarom door de kleine walsbreker (13) gevoerd. De hieruit komende kalk wordt nu door middel van kipkarren in de voor de kalk bestemde bunker (10) gestort.

Vervolgens wordt uit de ongebluste kalk en de gedroogde cokes carbide gemaakt in de elektrische oven (14). Deze bestaat uit een vuurvast stenen bak, waarin een kathode van grafiet als bodemplaat is aangebracht. De anode is een plaatijzeren cylinder, welke gevuld is met een teer-koolmengsel. Door de hitte van de ontlading tijdens bedrijf smelt de cylinder aan de onderkant langzaam af. Door middel van takels laat men de anode iets zakken tot de juiste afstand tot de kathode weer bereikt is. Echter moet nu van tijd tot tijd de ijzeren cylinder aan de bovenkant verlengd worden door oplassen van een ^{cylinder} reep ijzer.

De grondstoffen kalk en cokes worden weer door kipkarren toegevoerd en op een aantal plaatsen om de oven gestort. Een stel poken, werkend door middel van samengeperste lucht, stoot indien gewenscht de massa naar beneden. In de vuurvaste bak ontstaat het calciumcarbide in vloeibare toestand. Zoals uit het voorgaande volgt, zal ijzercarbide een van de verontreinigingen zijn van dit product. F

De maximale doormaat van de stukken cokes en kalk is 8 cm

Bij een aantal carbidefabrieken in Duitsland zijn roterende carbidekoelers in bedrijf. Ook hier wordt van dit apparaat gebruik gemaakt. (15). Het grote voordeel van deze koeling boven die, welke in pannen plaats vindt, is de continue werking, terwijl bovendien het carbide in gegranuleerde vorm verkregen wordt. Het stukhakken en breken van de in de pannen gestolde massa wordt hierdoor ontgaan.

De trommel is weer hellend opgesteld en heeft een betrekkelijk

Is het in het theoretische cokes verbruik?

Opmerkingen

Graviteit der stukken?

Waar heeft de CO?

F Het CO wordt door een ventilator afgezogen en voor verwarmingsdoel. kinden gebruikt. Ook kan het gas met stoom mengt worden in waterstof.

hoge omtreksnelheid. De helling moet zeer klein zijn, daar anders de verblijftijd van de carbidekorrels veel te kort zou zijn.

De koeling van het trommeloppervlak heeft vanzelfsprekend uitwendig plaats door het opspuiten van water. Daar er vooral voor gezorgd moet worden, dat dit water geen kans krijgt gevaar op te leveren voor het carbide, zijn er op de trommel flenzen aangebracht. Deze lopen aan de onderzijde door bakken, welke het opgespoten water verzamelen en afvoeren.

Om oxydatie van de hete carbide te voorkomen blaast men een langzame stroom stikstof door de trommel. De afvoer hiervan heeft plaats door de ^{getekende} schoorsteen. Tegenstroom van gas en carbide wordt toegepast.

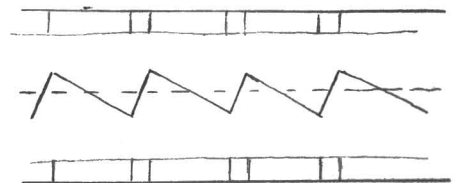
De straat carbide vloeit door de afvoer van de over de trommel binnen. Daar de eerste twee meter van het trommel oppervlak glad is, rolt de hete massa af langs de roterende wand en beweegt zich door de flauwe helling langzaam naar beneden. Na de eerste twee meter van het oppervlak gepasseerd te zijn, ontmoet de massa de strips, waarmee de rest van het oppervlak van de trommel bezet is.

Deze strips zijn op de hiernaast aangegeven wijze aangebracht.

Door de grote omtreksnelheid scheuren de strips de nog weke

carbide massa stuk en maken en kleine stukjes van (1-5 cm diam). Door het voortdurend rollen langs het oppervlak van de trommel worden deze stukjes tot korrels, die tevens snel koelen. De verblijftijd van het carbide in de koeler mag niet te kort zijn, daar anders de koeling niet door en door plaats heeft. Een nog weke kern zou last veroorzaken bij het breken van de te grote carbidekogels.

Na de koeler verlaten te hebben, valt de massa in een roterende zeef, welke de "oversize" stort in de voedingstrechter van de hamermolen (17). Een in de kern nog weke carbide bal zou de roosters verstoppen en het inwendige van het molenhuis een bekleding geven, welke de effectiviteit zeer zou schaden. Het uit de zeef (16) komende carbide van goede afmeting en het uit de molen komende gebroken carbide wordt tenslotte in bussen 18 en 18a opgevangen en opgeslagen..



Loosgeneratoren

Wat lukt de toepassing?

Welke omvang?

Uit het bereide carbide moet nu nog het acetyleen gemaakt worden. Dit kan bereikt worden door het carbide in kleine hoeveelheden tegelijk in water te storten of water op het carbide te druppelen. Deze laatste methode kan men uitvoeren met overmaat water, of met de aequivalente hoeveelheid. De beide eerste uitvoeringen noemt men natte processen, de laatste het droge proces.

Het gevormde acetyleen wordt daarna in tanks opgeslagen. Talrijke voorzorgen moeten bij de constructie en het gebruik van generator en opslagapparatuur in acht genomen worden, daar het gas buitengewoon hevige explosies veroorzaken kan na menging met lucht evenals door de temperatuursverhoging bij spontane ontleding.

De acetyleen generator bestaat uit een waterreservoir, waarbinnen het vulapparaat is aangebracht. Het waterniveau wordt door continue toevoer en afvoeren van de overmaat water constant gehouden.

Het carbide wordt uit bussen in de vulcomen gestort. Deze comen kan worden afgesloten door een klep, die beweegt wordt door de samenwerking van een membraan en een gewichtsheftoom.

Stijgt de gasdruk in de generator, dan wordt het membraan naar links ingedrukt en kan de heftoom de klep sluiten. Wordt de gasdruk te laag, dan drukt de spiraalveer het membraan naar rechts en opent de klep.

De generator is voorzien van een veiligheidsklep, een manometer en een gasafvoerleiding met filter.

De kalk suspensie wordt periodiek na opvoeren afgevoerd. De capaciteit is 28 l gas per lb koffer inhoud.

Na het filter gepasseerd te zijn, gaat het acetyleen naar de opslag tanks, die een vulking hebben van diatomine-aarde. Hierdoor wordt het explosiegevaar vermindert, dan de reactiewaarde gedeel teijk door de vulking wordt opgevangen. Tenne wordt een eventuele explosie door de vulking getempert.

De tanks zijn voorzien van een manometer, een veiligheidsklep en een afvoerleiding naar de Nespreun fabriek.

Berekening van de benodigde hoeveelheden kalksteen en cokes voor een productie van 80 m³ acetyleen per uur.

Uit de literatuur blijkt, dat 313 m³ acetyleen gevormd kunnen worden uit één ton ruwe carbide.

In dit geval moet de uurproductie dus bedragen:

$$\frac{80}{313} \text{ ton} = 255 \text{ kg / uur. Per dag dus } 6,12 \text{ ton.}$$

Uit de elektrische oven ontwijkt per dag 19.156 m³ CO. Tevens worden 15.500 kwh per dag verbruikt.

Per ton ruwe carbide is nodig 0,824 ton ruwe CaO en 0,547 ton cokes. De theoretische hoeveelheden/zijn resp. 0,875 en 0,562 tn
 Per dag bedraagt dit 5,043 ton ruwe CaO en 3,348 ton cokes.

Voor de productie van 5,043 ton ruwe CaO is nodig:

$$\frac{100}{56} \times 5,043 = 9 \text{ ton kalksteen.}$$

De in het schema opgenomen oven heeft een capaciteit van 9,5 ton per dag.

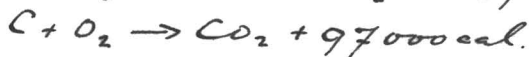
Voor de berekening van de hoeveelheid kalksteen mag in dit geval de theoretische omrekeningsfactor gebruikt worden, daar de marge voor verontreinigingen reeds opgenomen is in berekening van de hoeveelheid ruwe CaO.

De hoeveelheid cokes voor de kalkoven bedraagt per dag 1/10^e gedeelte van de hoeveelheid kalksteen, dus 0,9 ton.

Afgezien van de maalverliezen is er dus per dag 3,348 + 0,9 = 4,25 ton cokes nodig.

Voor het verwerken van deze hoeveelheid heeft de trommeldroger slechts een klein gedeelte van de dag nodig. De droger en de transportbanden voor het vervoer van de cokes werken dus discontinu.

Berekening d' theoretische hoeveelheden kalk en cokes voor de CaO bereiking.



Opgeeven warmte:

CaO 56 x 0,2 x (500-18) = 5398

CO₂ 44 x (1+x) x 0,22 (300-18) = 2730 (1+x)

N₂ 28 x 3,76 x 0,25 (300-18) = 7422 x

Ontledings reactie = 42900

	begin temp	eind temp
CaCO ₃ - CaO	18°	500°
O ₂ - CO ₂	18°	300
N ₂	18°	300

Afgeeven warmte.

Verbranding 97000 x

Hieruit volgt. x = 0,59 gram
 of $\frac{0,59 \times 12}{100} \times 100 = 7 \frac{1}{2} \% \text{ koolstof}$
 9 1/2 % kalksteen

Enkele gegevens over de opgestelde apparatuur.

De kalkoven.

Bij "Electro" in Amsterdam is een kleine proefoven in gebruik, waarvan de afmetingen en de productie ter beschikking stonden. De hoogte en diameter van de brandruimte zijn resp. 5 en 0,5 m. Geproduceerd werd 250 kg CaO per dag uit 450 kg CaCO₃ en 45 kg cokes.

Hieruit is te berekenen, hoeveel materiaal per dag door 1 dm² van het oppervlak van de brandruimte gaat. Dit is:

$$\frac{450 + 45}{3,14 \times 2,5^2} = 25 \text{ kg / dag-dm}^2$$

De doorsnede van de opgestelde oven wordt dan :

$$\frac{9500 + 950}{25} = 418 \text{ dm}^2. \text{ De diameter is dan } 2,3 \text{ m.}$$

Het gewicht van 1 m³ kalksteen is 2,5 ton, voor cokes is dit 0,44 ton. Het volume van de dagvulling is nu te berekenen.

Voor de grote oven is dit: $\frac{9,5}{2,5} + \frac{0,95}{0,44} = 6 \text{ m}^3$

Voor de kleine oven wordt het: $\frac{0,45}{2,5} + \frac{0,045}{0,44} = 0,28 \text{ m}^3$

De hoogte van de kleine oven is 5 m. De doorlooptijd is dus:

$$\frac{5}{\frac{0,28}{0,20}} = 3,5 \text{ dagen. De doorsnede is n.l. } 0,20 \text{ m}^2$$

De hoogte van de grote oven zou eveneens 5 m. worden. Echter werd besloten deze 5 x zogroot te maken, daar de bijna ideale omstandigheden, welke in de kleine oven bestaan, zeker niet bereikt zullen kunnen worden in de grote oven. De verbetering van deze minder gunstige omstandigheden moet gezocht worden in een verlenging van de brandruimte; de hoogte werd daarom vastgesteld op 25 m.

De brandtemperatuur is ± 900 °C.

De bunkers.

De inhoud van de bunkers 8,9,10 is bij een vierkante horizontale doorsnede:

$$3 \times 3 \times 2,15 + \frac{1}{2} \times 3 \times 3 \times 3,1 = 34,3 \text{ m}^3$$

De kalksteenbunker kan dus bevatten $34,3 \times 2,5 = 86$ ton.

Voor de cokesbunker is dit $34,3 \times 0,44 = 15$ ton.

Voor de ongebluste kalkbunker is dit $34,3 \times 3,1 = 106$ ton.

De carbide koeler.

De lengte van de trommel is 10 m. en de diameter 1,5 m. Zoals reeds gezegd is, zijn de eerste twee meter van het oppervlak glad, d.w.z. zonder strips. Het materiaal is koper. Verder is de trommel van staalplaat vervaardigd. Het aantal omwentelingen bedraagt 20 per min. De hellingshoek is slechts enkele graden. Per uur wordt er 50 m^3 stikstof door de trommel geblazen. De hoeveelheid koelwater is van de orde van 100 m^3 per uur.

Literatuur.

BIOS' FR 1044 Item 22 p. 50

2. De installatie benodigd voor de fabricage van zoutzuurgas.

Het zoutzuurgas kan op de volgende wijzen bereid worden. In de eerste plaats uit de elementen, chloor en waterstof, welke òf als grondstoffen worden aangevoerd, òf door electrolyse van NaCl oplossing worden verkregen. In de tweede plaats kan het zoutzuurgas door inwerking van zwavelzuur op vast NaCl worden bereid. Gekozen werd de bereiding uit chloor en waterstof, welke elementen ~~nikk~~ als zodanig als grondstof worden aangevoerd.

Het chloor komt in vloeibare toestand op de fabriek aan en wordt door ~~inert gas~~ ^{eigen druk} vanuit de tankwagen naar een voorraadtank (19) overgedrukt. De evenwichtsdruk van het chloor is bij kamertemp ongeveer 6 atm.

Zoals vanzelf spreekt is op de tank een veiligheidsklep aangebracht. De afvoerbuis begint even boven de bodem van de tank.

Voordat de verbranding met waterstof kan plaats hebben, moet het chloor eerst verdampt worden. Hiervoor is een verdampingsspiraal aangebracht in een gesloten ketel, door welke heet water stroomt (dus om de spiraal heen).

~~Het chloor wordt dus nu door inert gas weggedrukt.~~ Het vloeit door de verdamper ^{nu} en vandaar naar de brander via de automatische volumeregelaar (21). Een afwijking van het gewenste drukverschil aan het orifice wordt geconstateerd en ter correctie doorgegeven naar het mechanisme, dat de betreffende afsluiter bedient. Eenzelfde mechanisme is voor de waterstofleiding aanwezig. Eventueel kan een gecombineerde schakeling worden toegepast.

Men kiest de verhouding van de volumina waterstof en chloor op 100 tot 97, daar het ontoelaatbaar is, een overschot chloor in het zoutzuurgas te hebben. Daar de reactie, wat chloor betreft ^{nu} voor 100% kan aflopen, bestaat daarvoor geen gevaar. Beide gassen worden in de brander gevoerd, waar de druk op 1 atm. wordt gebracht.

Deze brander bestaat uit vuurvaste steen of kwarts. De waterstof wordt in de binnenste, het chloor in de buitenste buis geleid. Een gloeidraad is aangebracht voor het aansteken van de vlam.

De wand van de verbrandingsruimte is opgebouwd uit vier lagen. De binnenste is zuurvast, de volgende vuurvast, de daarop volgende is een laag plastic, welke het stalen omhulsel tegen eventueel doorsijpelend zoutzuur beschermt. Het

LiO₂

te more

plastic wordt nog weer tegen smelten beschermd door een koeling met water. De koelmantel is buiten om het stalen omhulsel aangebracht.

Bovenin de verbrandingsruimte is een koelspiraal aangebracht voor stoomproductie (24). Na de verbrandingsruimte stroomt het gas naar een conische koeler (25). Het gas passeert hier een met ringen gevulde kegel, welke aan de buitenkant door koud water wordt afgekoeld.

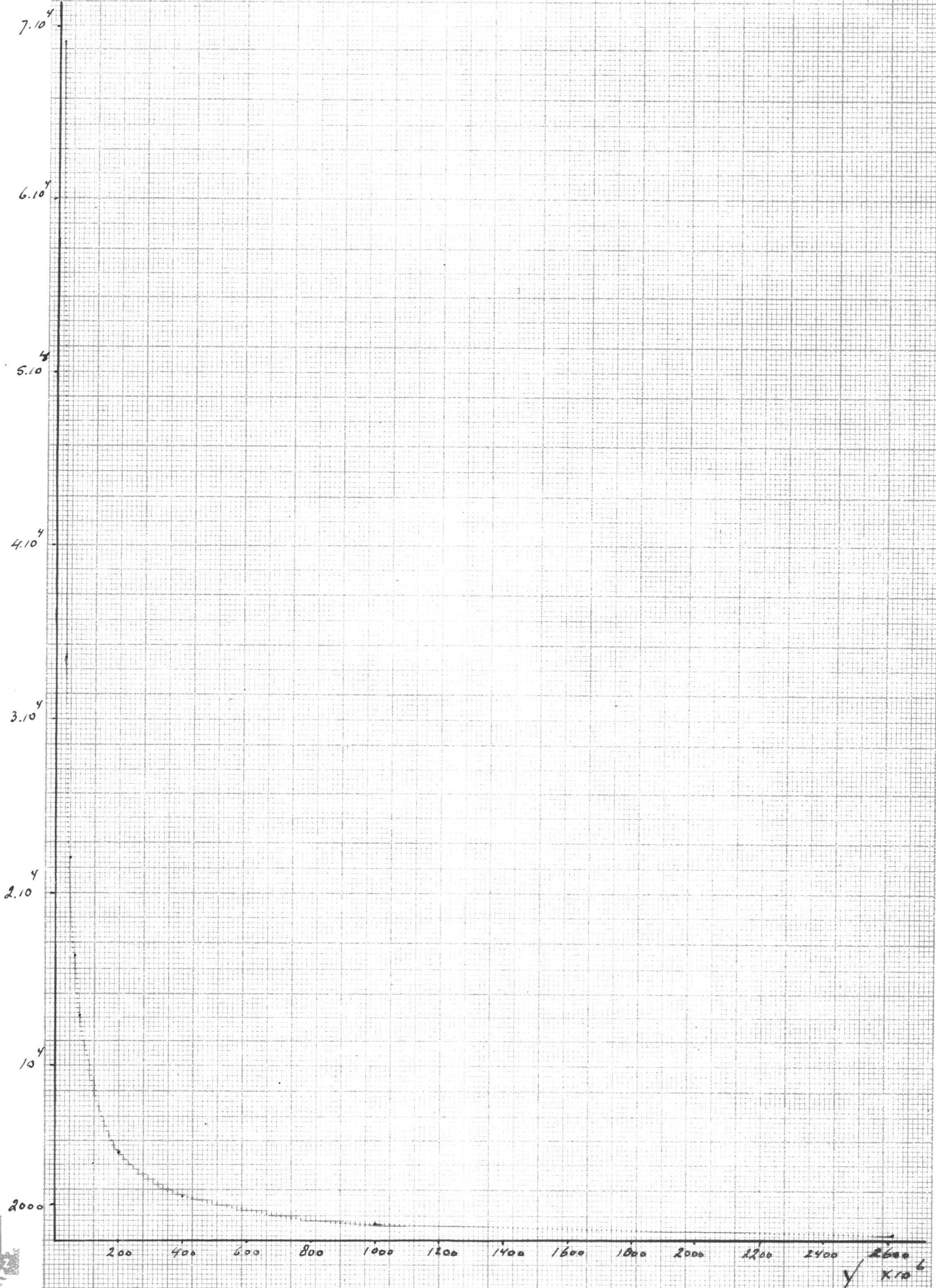
Tenslotte wordt tot de gewenschte temperatuur van 25 °C afgekoeld in de pijpenkoeler (26). Het hete gas stroomt door de binnenste pijp, het koelwater in tegenstroom door de omhullende.

De conische koeler werd ingelascht, omdat gevreesd werd, dat het gas te heet zou zijn om direct met koud water te koelen.

In de flowsheet, welke in de literatuur gevonden werd, werd het gas tenslotte gedroogd. Hiervoor is een zwavelzuurtoren opgesteld, welke als onderwerp dient voor een gedetailleerde berekening, (27).

Het zwavelzuur wordt verdund door het opgevangen water. Het zal dan geconcentreerd worden met zwavelzuur van een hoger percentage. Dit gebeurt als volgt. Van het uit de toren komende zuur wordt een klein gedeelte ^{contamin} afgepompt en in een reservoir opgevangen. Aan het in de toren stovende zuur wordt een zelfde hoeveelheid geconcentreerd zuur toevoegd om de concentratie weer 95% te maken. Van tijd tot tijd wordt het in het reservoir opgevangen zuur geconcentreerd door het in een yponiumpan te laten sterven, waarin 90% H₂SO₄ heest. Na afleiden is het in voldoende zuur geschikt om correctie

$$\frac{1}{y - y_e}$$



Y in kg waterdamp / kg 2 ontzuungas.
 $\times 10^6$

2600

werklijn

0,0526 0,0527 0,0528

X in kg water / kg H_2SO_4

verzadigingslijn



Berekening van de hoeveelheden Chloor en Waterstof benodigd voor de productie van 1,35 kgmol Zoutzuur per uur.

De theoretische hoeveelheid chloor is $\frac{1,35}{2} = 0,675$ kgmol. Dit komt overeen met 47,9 kg per uur of 1150 kg per dag.

De hoeveelheid waterstof is theoretisch natuurlijk eveneens 0,675 kgmol., echter worden 100 vol.dln waterstof tegen 97 vol.dln. chloor genomen.

De hoeveelheid waterstof wordt dus: $\frac{100}{97} \times 0,675 = 0,696$ kgmol. In kg. is dit 1,39 kg per uur of 33,4 kg per dag.

ca 3-5 mm

*lost in de
- instead of
38% in
at 25°C*

Gedetailleerde berekening van de droogtoren.

Aangenomen werd, dat er 1 ^{te hoog} gew.proc. H₂O in het uit de koeler komende gas aanwezig is. Getracht moet worden, het zoutzuurgas zo droog mogelijk te maken.

Zoals reeds is gezegd, werd het gas tot 25 °C. afgekoeld. Voor het drogen met geconcentreerd zwavelzuur zijn tabellen opgesteld, welke de part.spanning van waterdamp boven zwavelzuur van verschillende concentraties aangeven. Op deze tabellen ontbreekt echter de waarde voor 95 % H₂SO₄ bij 25 °C. Deze moet dus door extrapolatie bepaald worden. De volgende waarden kunnen gebruikt worden:

	90 %	0,00765 mm Hg.
	85 %	0,039
25 °C.	80 %	0,124
	75 %	0,408
	70 %	1,030

Hieruit volgt, dat de waterdampspanning bij 25 °C 0,0014 mm Hg. is. Deze spanning is echter niet te verwezenlijken, daart de droogtoren dan oneindig hoog zou worden.

Er moet dus een dicht hierbij liggende waarde gekozen worden, b.v. 0,003 mm Hg.

Voor het bepalen van de doorsnede van de toren is het wenselijk het Reynoldsgetal uit te rekenen.

Als eenheden zullen gebruikt worden: cm-gr-sec.

De dichtheid voor 1 atm en 0°C. is $1,639 \cdot 10^{-3}$. Bij 25 °C is dit 0,0015 gr/cm³

De kin.viscositeit is 0,000143 poise.

Het intredende gas bestaat uit 49,28 kg HCl = 1,35 kgmol. en 0,54 kg = 0,03 kgmol. H₂O Samen 49,82 kg.

Het volume hiervan bij 1 atm. en 25 °C. is:

*U mag hier
verhalen*

$$1,38 \times 22,4 \times \frac{298}{273} = 33743 \text{ l.}$$

Bij het verlaten van de toren is de partieelspanning van de waterdamp 0,003 mm Hg. Die van het zoutzuur is dus 759,997 mm.

De hoeveelheid waterdamp in ~~xxx~~ kgmolen is dus:

$$\frac{0,003}{759,997} \times 1,35 = 0,00005 \text{ kgmol.}$$

De ~~intredende~~ gassen hebben dus een volume van:

$$1,35005 \times 22,4 \times \frac{298}{273} = 33011 \text{ l. en een gewicht van } 49,2809 \text{ kg.}$$

De gemiddelde waarde is 33377 l. $d \times \frac{33377 \times 4}{\pi \times d^2} \times 0,0015 \times 10^3$

Het Reynoldsgetal wordt nu:

$$\frac{123888}{d} \quad 0,000143 \times 3600$$

Voor $d = 10 \text{ cm}$ is $R = 12389$

Voor $d = 20 \text{ cm}$ is $R = 6194$ Beide waarden liggen dus boven de critische.

Op twee manieren werd geproedeerd tot een resultaat te komen in zake de hoogte van de toren en wel werd de berekening uitgevoerd voor een natte wand toren met een diameter van 10 cm. en tevens voor een gevulde toren met een diameter van 20 cm.

1. De natte wand toren.

De intredende gassen bestaan uit 1,35 kgmol. HCl en 0,03 kgmol H_2O . De resp. part.spanningen zijn dus:

$$\frac{0,03}{1,38} \times 760 = 16,522 \text{ voor de waterdamp en } 743,478 \text{ voor het zout-} \\ \text{zuurgas.} \quad \quad \quad (P_1) \quad \quad \quad (P - P_1)$$

Bij het verlaten van de toren zijn deze spanningen resp.

$$0,003 (P_2) \quad \text{en} \quad (P - P_2) 759,997 \text{ mm Hg.}$$

De evenwichts-dampspanning voor de waterdamp is 0,0014 mm Hg.

Berekening van de hoeveelheid zwavelzuur, ~~dat~~ nodig is voor het bedekken van de wand van de toren met een laagje van 1 mm. De inhoud van een ring vloeistof van 1 cm hoogte, 31,4 cm omtrek en 0,1 cm dikte is 3,14 cc. Nemen we de valsnelheid 50 cm per sec., dan is er per uur nodig :

$3600 \times 50 \times 3,14 = 565 \text{ l.}$ Het s.g. van 95 % H_2SO_4 is 1,8388 dus is er 1039 kg zwavelzuur per uur nodig.

Dit is een globale berekening.

Uit de formule:

$$d = \sqrt[3]{\frac{3 \times Q \times \mu}{b \times \rho^2 \times g}}$$

volgt, $d = 1,5 \text{ mm}$

voor $Q = 1039 \text{ kg}$
 $\mu = 20 \text{ c.p.}$
 $b = 31,4 \text{ cm}$
 $\rho = 1,8388$
 en $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$

Uit deze dikte blijkt, dat de globaal berekende hoeveelheid zwavelzuur voldoende is voor de bevochtiging van de wand met een laagje van 1,5 mm.

Er zijn nu voldoende gegevens aanwezig, om een materiaalbalans op te stellen.

In het linkerlid wordt de geabsorbeerde hoeveelheid water berekend d.m.v. het concentratieverschil van het ingaande en uitgaande zwavelzuur; in het rechter wordt deze hoeveelheid water berekend d.m.v. het verschil in partieel spanning bij de in- en uitlaat van het gas. De formule is de volgende:

$$\frac{L}{M_w} (X_1 - X_0) = \frac{G}{M_{HCl}} \left(\frac{p_1}{P - p_1} - \frac{p_0}{P - p_0} \right)$$

Hierin is: $L = 987$ kg watervrij H_2SO_4 in 1039 kg 95 % zwavelzuur.

$$M_w = 18$$

$$X_0 = 0,052684 \text{ kg water per kg watervrij } H_2SO_4$$

$$G = 49,28 \text{ kg}$$

$$M_{HCl} = 36,5$$

$$p_1 = 16,522 \text{ mm Hg}$$

$$p_0 = 0,003 \text{ mm Hg}$$

Uit de berekening volgt $X_1 = 0,053230$ kg water per kg watervrij H_2SO_4 . Geabsorbeerd wordt dus de hoeveelheid

water, die aangegeven wordt door elk der beide leden van de vergelijking. $\dot{X} = 29,95 \text{ gr mol/uur}$.

De concentraties van het water in het in- en uitgaande zwavelzuur kunnen nu eveneens bepaald worden.

Deze zijn resp. $5,113$ en $5,166$ gr mol per l. (C_0 en C_1).

Het verloop van de part,spanningen en de concentraties kunnen we nu in een grafiek onderbrengen. Door de punten (p_0, C_0) en (p_1, C_1) kan de werklijn getrokken worden. Deze lijn geeft dus aan welke part.spanning en concentratie resp. in de hoofdstroom van het gas en de vloeistof op een bepaald punt in de toren bestaan.

De evenwichtslijn gaat door het punt (p_e, C_0); andere punten van deze lijn zijn:

90 % zwav.zuur	$C = 10,05$, $p_e = 0,00765$ mm
85 %	$= 14,78$, $= 0,039$
80 %	$= 19,13$, $= 0,124$

Deze paren van waarden komen echter niet in de toren voor. Het is echter wenschelijk te tonen, hoe de evenwichtslijn loopt. De verticalen tussen de werk- en evenwichtslijn stellen de grootte van de drijvende kracht voor in mm Hg.

Daar het stukje van de evenwichtslijn, voor zover het in de toren geldt, praktisch recht is, is de drijvende kracht rechtevenredig met de grootte van de part. spanning van de waterdamp in de hoofdstroom van het gas.

Uit het constantblijven van de evenwichtsdampspanning volgt tevens, dat de weerstand van de gasfilm de absorptie controleert. Hieruit volgt weer, dat in de formule

waarin $Hk_L \gg k_g$, ~~dat~~ $K_g = k_g$.

$$\frac{1}{K_g} = \frac{1}{k_g} + \frac{1}{Hk_L}$$

De k's in deze formule hebben de dimensie: grmol/tijd-opp.-druk.

De omgekeerden stellen dus een weerstand tegen absorptie voor.

Berekening van k_g .

We maken voor deze berekening gebruik van de formule voor de diffusiesnelheid. Deze is:

$$N = \frac{D \cdot P}{R \cdot T \cdot x} \cdot \frac{p_g - p_i}{P_{gm}}$$

De dimensie is grmol/
sec-cm²

D = de diffusiecoëf. (cm²/sec)

P = totale druk in atm.

R = de gasconstante. cm³atm/K⁰

T = de absolute temp. K⁰

x = de gasfilmdikte. cm

$$P_{gm} = \left(\frac{(P - p_i) - (P - p_g)}{2.3 \log \frac{P - p_i}{P - p_g}} \right) / \beta$$

in mm Hg

deze grootheid is een log.gem. in horizontale richting door de gasfilm.

$p_g - p_e$ = de drijvende kracht. mm Hg in dit geval van zeer grote oplosbaarheid, mag voor p_i , p_e genomen worden.

Nu is verder : $k_g = \frac{N}{p_g - p_e} = \frac{D \cdot P}{R \cdot T \cdot x \cdot P_{gm}}$ grmol/sec-cm²-mm Hg

De waarde voor k_g is niet gelijk voor in- en uitlaat van het gas, daar de HCl spanningen niet constant zijn.

Daar hier gegevens ontbreken, welke het mogelijk zouden maken k_g als functie van de afstand tot de inlaat op te schrijven, moet er een gemiddelde waarde bepaald worden en wel het log. gemiddelde.

De uiteindelijke waarde wordt dus: $k_g = \frac{D \cdot P}{R \cdot T \cdot x} \cdot \frac{1}{\frac{P_{igm} - P_{ogm}}{2.3 \log \frac{P_{igm}}{P_{ogm}}}} = K_g$

Hetzelfde doen we voor de drijvende kracht:

$$P_{gm} = \frac{(p_i - p_e) - (p_o - p_e)}{2.3 \log \frac{p_i - p_e}{p_o - p_e}}$$

Daar de omtrek van de vloeistoffilm bekend is, kan nu de hoogte berekend worden. Deze is:

$$h = \frac{Z}{K_g \times b \times P_{gm}}$$

hierin is Z = geabs. water.
b = omtrek toren
(x 1 cm)

Diffusiecoëfficiënt.

Deze wordt berekend met behulp van een formule, welke afgeleid is door Maxwell. Deze luidt:

$$D = 0,043 \frac{T^{3/2}}{P(V_A^{1/2} + V_B^{1/2})^2} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}}$$

Hierin is V het moleculairvolume. Voor water is dit 14,8 en voor zoutzuurgas 28,3. M is het moleculairgewicht. Voor D vinden we de waarde 0,21 cm² per sec.

Filmdikte van het zoutzuurgas.

Bij het onderzoek van een groot aantal vloeistoffen bleek, dat er bij verdamping d.m.v. een luchtstroom in een natte wandtoren een verband bestaat tussen $\frac{d}{x}$, het Reyn.getal en $\frac{\mu}{\rho \cdot D}$. Het quotient van de eerste en de derde grootheid uitgezet als functie van het Reynoldsgetal levert n.l. een rechte lijn op, indien log.schalen worden gebruikt.

Dit verband is in een vergelijking ondergebracht, welke luidt:

$$\frac{d}{x} = 0,023 \cdot R^{0,83} \cdot \left(\frac{\mu}{\rho D}\right)^{0,44}$$

Hieruit kan nu x berekend worden, daar alle grootheden bekend zijn. Uit de berekening volgt x = 2,46 mm

$$\begin{aligned} P &= 1 \text{ atm} \\ R &= 82,07 \text{ cm}^3 \text{ atm} / \text{g} \\ T &= 298^\circ \text{ K} \\ P_{1\text{gm}} &= 753,2 \text{ mm Hg} \\ P_{0\text{gm}} &= 759,9978 \text{ mm Hg} \end{aligned}$$

$$P_{\text{gm}} = 756,2 \text{ mm Hg}$$

Hieruit volgt voor $k_g = K_g = 4,51 \times 10^{-8}$ grmol/cm²-sec-mm Hg.

verder is $p_{\text{gm}} = 1,79$ mm Hg

$$b = 31,4 \text{ cm}^2 \text{ (een ring met omtrek 31,4 cm en hoogte van 1 cm.)}$$

De torenhoogte is nu te berekenen. Deze is 32,07 m.

Greenewalt (J.Ind.Eng.Chem. 18, 1291 (1926)) heeft proeven genomen met natte wandtorens voor het drogen van lucht. Hij gebruikte verschillende uitstroomopeningen voor het gas onder in de toren en constateerde, dat k_g steeg bij hogere turbulentie. Bij een gasstroom van 49,28 kg/uur-torendoorsnede vond hij waarden voor k_g , die variëerden tussen $7,9 \times 10^{-8}$ en $21,6 \times 10^{-8}$. Zouden we deze laatste waarde in de vergelijking voor de torenhoogte invullen, dan zouden we vinden 6,6 m. Ook deze waarde is te groot. Het is natuurlijk mogelijk twee torens van 3,3 m in serie te zetten, waardoor het doel bereikt zou worden. In de formule voor de torenhoogte kan echter ook de waarde van **a** vergroot worden, door de toren te vullen. Hierdoor

Hierin is f' een wrijvingsfactor afhankelijk van een Reynolds-
getal berekend op de diameter van de pakking i.p.v.
op de diameter van de toren. $f' = 16$

A_P een correctiefactor voor holle pakking = 0,35

A_L een correctiefactor voor de vermindering van de
vrije ruimte door het bevochtigen van de pakking

$$A_L = 4,3$$

ρ de dichtheid = 0,0015 gr/ cm³

u de snelheid in de lege toren = 29,5 cm/sec.

h de hoogte van de toren = 245 cm.

g de versnelling van de zwaartekracht = 981 cm/sec²

d_p de diameter van de pakkingsring = 1,27 cm.

Uit de berekening volgt voor het drukverlies 9,482 mm Hg
Het inlaatgas krijgt hierdoor een druk van 769,482 mm Hg
 p_{gm} wordt nu 1,81 mm Hg en de torenhoogte 2,42 m.

Er moet nu nog worden nagegaan of er "flooding" in de toren
zal optreden.

Met behulp van een grafiek, waarin flooding velocities ^{v.h. gas} zijn
uitgezet als functie van de hoeveelheid vloeistof, kan bepaald
worden of er in het betreffende geval van flooding sprake zal
zijn.

De hoeveelheid zwavelzuur is 6900 lb/uur-sq.ft. Gebruikt
worden 1/2 " Raschigringen en de gassnelheid is \pm 1ft/sec.

De flooding velocity is in dit geval 1,5 ft/sec.

Hierbij moet nog opgemerkt worden, dat de grafiek voor water
is opgesteld. Daar het zwavelzuur 1,8 maal zo zwaar is, zal
flooding zeker bij een hogere snelheid dan 1,5 ft/sec optreden.
De omstandigheden in de berekende toren zijn dus gunstig.

Berekening van de hoeveelheid warmte, welke bij de absorptie vrij komt.

In het voorgaande is geen rekening gehouden met de
hoeveelheid warmte, die bij de vochtopname vrijkomt. Deze
warmte zou langzaam maar zeker de absorptie temperatuur ver-
hogen. Het is daarom nodig na te gaan, hoegroot deze invloed
is.

Daar er praktisch geen gegevens te vinden zijn over
de verdunningswarmte van zwavelzuur, werd deze experimenteel
bepaald.

412 gram 95 % zwavelzuur werd verdund met 31 gram water in een
Erlenmeyerkolf.

De temperatuur van het water was 14°C en van het zwavelzuur 23°C . De eindtemperatuur was 72°C . De menging had plaats binnen de 10 seconden; het verlies van warmte is dus zeer gering geweest.

$$\begin{array}{rcl} \text{Opgenomen warmte } 31 (72 - 14) & = & 1798 \text{ cal.} \\ \text{zwavelzuur } 412 (72 - 23) 0,95 & = & 19179 \\ \text{glas } \pm 80 (72 - 23) 0,15 & = & 588 \end{array}$$

$$\text{Verduunningswarmte} = \underline{21565 \text{ cal.}}$$

In de toren is per uur in circulatie 1039 kg 95 % zwavelzuur. De hoeveelheid warmte, welke vrij zou komen bij verdunning met $\frac{1039}{0,412} \times \frac{31}{18} = 4343$ grammol water, zou zijn $\frac{1039}{0,412} \times 21565 = 54384$ kgc.

De verdunning heeft echter plaats met ~~29,95~~⁷ grammol water.

De hierbij vrijkomende hoeveelheid warmte is dus

$$\frac{7 \times 29,95}{4343} \times 54384 = \overset{88}{375} \text{ kgc.}$$

Bij een volkomen adiabatistische koeling zou het maximale temp.-verschil tussen het in- en uitgaande zwavelzuur bedragen

$$\frac{375^{88}}{0,95 \times 1039} = 0,09^{\circ} \text{C.}$$

Er bestaat dus geen gevaar voor temp.stijging, daar de door het zwavelzuur opgenomen hoeveelheid warmte door uitstraling in de toren, pomp en leidingen weer wordt afgestaan.

Literatuur

Petrol Refiner 27 (1948), 341

Sherwood - Absorption and Extraction N.Y. 1937

Greenwalt - J. Ind. Eng. Chem. 18 (1926), 1291

beperkt het aanrakingsoppervlak zich niet tot de ring uit het boven besproken geval, maar wordt dit door de gestorte massa sterk vergroot.

2. De gevulde toren.

Als vulling worden 1/2 " Raschigringen van porcelein gekozen; tevens is het wenschelijk de doorsnede van de toren groter te nemen dan die in het voorgaande geval. De vloeistofverdeling in gevulde torens is niet^{n.l.} ideaal, maar in een te nauwe toren is die beslist slecht, daar in dat geval de wand een te overheersende plaats inneemt t.o.v. de vulling, met het gevolg, dat een veel te grote hoeveelheid vloeistof langs de wand afloopt.

De doorsnede werd daarom op 2 dm gebracht. De gekozen vulling heeft een droog oppervlak van 132 sq.ft/cub.ft. of 4,66 cm²/cm³ en een percentage vrije ruimte van 68. Per l.vulling zijn 318 ringen nodig.

Het is niet mogelijk k_g exact te berekenen, daar de waarde van deze grootheid bovendien afhangt van de aard der vulling. Men rekent daarom uitsluitend met het product k_ga. Er zijn zeer weinig gegevens bekend over prestaties van gevulde torens en in het geheel geen over het drogen van gassen met zwavelzuur.

In de literatuur zijn enkele grafieken aanwezig, welke een experimenteel verband laten zien tussen de hoeveelheid doorstromend gas G en k_ga. In formule uitgedrukt is dit:

$$k_g a = 0,116G^{0,8}$$

Echter is dit, zoals reeds opgemerkt, niet voor zoutzuurgas en zwavelzuur bepaald, maar voor ~~verdamping van water in een luchtsroom~~ absorptie van ammoniak in water en voor abs. van benzeen in olie.

We kunnen echter G bepalen. Deze is G = 49,55 kg/uur-3,14 dm². of 322,52 lb/sq.ft-uur.

Hiervit volgt voor k_ga = 188,75 grmol/uur-dm³-atm. of

$$K_g a = 0,2484 \text{ grmol/uur-dm}^3\text{-mm Hg}$$

F ~~De hoogte wordt nu $\frac{2,45 \text{ m}}{1,79 \text{ mm Hg}} = 1,37 \text{ m}$ en $0 = 3,14 \text{ dm}^2$ uit de formule:~~

$$h = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g \cdot a \cdot K_g a}$$

Het drukverlies in deze toren wordt gegeven door de formule

$$\Delta P = \frac{2f \cdot A_p \cdot A_L \cdot \rho \cdot u_o^2 \cdot h}{g \cdot d_p}$$

Gedetailleerde berekening van de droog toren

Aangenomen werd, dat het zoutzuurgas met waterdamp verzadigd is.

Bij 25° bedraagt de part. spanning van het water 4 mm.

De verzadigde dampspanning van water boven 95% H_2SO_4 werd door extrapolatie bepaald. Deze is 0,0007 mm Hg.

Bij metingen van de toren wordt een part. spanning van water in het zoutzuurgas van 0,003 mm Hg gemeten.

$$\text{Deur } p_1 = 4 \text{ mm Hg}$$

$$p_0 = 0,003 \text{ -}$$

$$p_{e0} = 0,0007 \text{ -}$$

Voor het bepalen van de doorsnede van de toren is het wettelijk het Reynoldsgetal uit te rekenen.

$$\rho_{25} = 0,0015 \text{ g/cm}^3.$$

$$\mu_{25} = 0,000143 \text{ poise.}$$

Het inledende gas bestaat uit 49,28 kg = 1,35 kg met HCl en 0,007 kg met H_2O . Samen is dit 49,406 kg.

Bij $25^{\circ} C$ is het volume hiervan $1,357 \times 22,4 \times \frac{298}{273} = 33180$

Het uitledende gas heeft een part. waterdampspanning van 0,003 mm Hg. Dit komt overeen met 0,00005 kg met.

Het volume van de uitledend gas is nu

$$1,35005 \times 22,4 \times \frac{298}{273} = 33011 \text{ l/min. Het gewicht is } 49,2809 \text{ kg}$$

De gemiddelde snelheid is 33096 l/min

$$\text{Het Reynoldsgetal wordt nu } \frac{d \times \frac{33096 \times 4}{\pi d^2} \times 0,0015 \times 10^3}{0,000143 \times 3600}$$

$$\text{dit is } \frac{122850}{d}$$

$$\text{Voor } d = 10 \text{ cm is } R = 12285$$

$$\text{Voor } d = 20 \text{ cm is } R = 6142$$

Op twee manieren werd geprobeerd tot een oplossing te komen, vanwege de hoogte van de toren en ook werd de berekening uitgevoerd voor een natte wand toren met een diameter van 10 cm en een gevulde toren met een van 20 cm.

1. De natte wand toe.

Berekening van de hoeveelheid zwavelzuur, die nodig is om het bedekken van de wand met een laagje van 1 mm. De inhoud van een ring van 1 cm hoog, met een diameter van 31,4 cm en dikte 0,1 cm is 3,14 cc. Nemen we van de snelheid 50 cm per uur, dan is per uur nodig 1039 kg H_2SO_4 .

uit de formule $d = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot Q \cdot \mu}{b \cdot \rho^2 \cdot g}}$ volgt $d = 1/2 \text{ mm}$.
Hierin is $Q = 1039 \text{ kg}$
 $\mu = 20 \text{ c.p}$
 $b = 31,4 \text{ cm}$
 $\rho = 1,8308$
 $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$.

De materiaal balans is nu als volgt. De hoeveelheid water resp opgegeven in X en Y van stoffen en gas is uitgedrukt in kg per kg droogstof of gas in waterrijge toestand.

$$L(X_1 - X_0) = G(Y_1 - Y_0)$$

$L = \text{h.h. waterrijg } H_2SO_4$
 $G = \text{h.h. waterrijg HCl}$

$$Y = \frac{p}{P-p} \cdot \frac{M_{\text{water}}}{M_{\text{HCl}}}$$

uit de berekening volgt $Y_1 = 0,002609 \text{ kg } H_2O / \text{kg HCl}$
 $Y_0 = 0,000002 \text{ -}$
 $L = 907 \text{ kg/uur}$ $Y_e = 0,0000005 \text{ -}$
 $G = 49,28 \text{ kg/uur}$ $X_1 = 0,05281 \text{ kg } H_2O / \text{kg } H_2SO_4$
 $X_0 = 0,05268 \text{ -}$

De punten (X_1, Y_1) en (X_0, Y_0) zijn eind- en beginpunt van de verlooplijn. Deze lijn is recht.

De evenwichtslijn gaat door het punt (X_0, Y_e) .

De stijging in de evenwichts dampspanning van het water op zwavelzuur is niet te bepalen. We kunnen deze van het vaststellen van de evenwichtslijn constant nemen.

uit het constant blijven van de evenwichts dampspanning volgt hierin, dat de verhouding van de gasfases de absorptie constant is. Dus $kg = kg$ dan

$$\frac{1}{kg} = \frac{1}{kg} + \frac{1}{H_{L_2}}$$

Berekening van k_g .

We maken hiervan gebruik van de formule van de diffusie snelheid. Deze is:

$$N = \frac{D P}{RTx} \frac{p_g - p_i}{P_{gm}}$$

N is uitgedrukt in gram/sec-cm².

D = diffusie coef in cm²/sec

P = totale druk in atm.

R = gasconstante cm³-atm/°K

T = absolute temp.

x = gasfilendikte in cm

P_{gm} = harmonicaal log. gemiddelde.

$p_g - p_i$ = dragsnelheid in mm Hg.

Verder is $k_g = \frac{N}{p_g - p_i} = \frac{D P}{RTx P_{gm}}$

gram/sec-cm² mm Hg.

Voor elke gedulte van de toren geldt, gebund vanaf de entree van het gas.

$G(V_1 - V) = M_A \alpha \cdot k_g a (Y - Y_e) V$. Hierin is $Y - Y_e$ de drogende kracht

In differentiaalvorm is dit:

$G dY = M_A \alpha \cdot k_g a (Y - Y_e) dV$

en α een omrekeningsfactor van part. drukk. in conc.

Don integratie is

$\int dV = \frac{G}{M_A \cdot \alpha \cdot k_g a} \int \frac{dY}{Y - Y_e}$

Don integratie is

$$V = \frac{G}{M_A \cdot \alpha \cdot k_g a} \int_{Y_0}^{Y_1} \frac{dY}{Y - Y_e} = 0. h.$$

In de grafiek van α werk- en evenwichtslinje is $Y - Y_e$ van elke waarde van Y te bepalen

De integraal kan dan grafische integratie van $\frac{1}{Y - Y_e}$ als functie van Y tussen de grenzen Y_1 en Y_0 bepaald worden.

Diffusiecoëfficiënt.

Deze wordt berekend met behulp van een formule, welke afleidt is door Maxwell. Deze luidt:

$$D = 0,043 \frac{T^{3/2}}{P \left(\frac{1}{V_A^{1/2}} + \frac{1}{V_B^{1/2}} \right)^2} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}}$$

Hierin is V het molecuulair volume. Van water is dit 14,8 en van zuurstof 28,3 M is het mol. gewicht.

Hieruit volgt voor D 0,21 cm²/sec

Gasfijndikte in het vloeistofvase.

Bij het onderzoek van een groot aantal stoffen bleek, dat er bij verdamping in een luchtstroom in een natte wand toren een verband bestaat tussen $\frac{d}{x}$, het Reynoldsgetal en $\frac{\mu}{D}$. Het quotiënt van de eerste en de derde grootte $\frac{D}{\mu}$ uitte als functie van R levert n.l. een rechte lijn op, indien log. schalen worden gebruikt.

Dit verband is in een vergelijking ondergebracht, welke leidt tot $\frac{d}{x} = 0,023 R^{0,83} \left(\frac{\mu}{D}\right)^{0,44}$.
Hieruit volgt men $x = 2,46$ m.

$$kg = \frac{DP}{RT \times T_{gm}}$$

$$P = 1 \text{ atm.}$$

$$R = 0,07 \text{ cm}^3 \cdot \text{atm} / \text{K}$$

$$T = 298 \text{ K}$$

$$T_{gm} = 753 \text{ mm Hg} \quad \text{Opmerking } 756 \text{ mm Hg}$$

$$T_{ogm} = 759 \text{ mm Hg}$$

$$\text{Hieruit volgt } kg = 4,51 \cdot 10^{-8} \text{ gram/cm}^2 \cdot \text{sec. mm Hg}$$

$$\text{Voor de grafische integratie volgt men } \int_{y_0}^{y_1} \frac{dy}{y-y_e} = 11,6$$

$$\alpha = \frac{p_1 - p_e}{y_1 - y_e} = \frac{p_0 - p_e}{y_0 - y_e} = 1533. \quad a = 31,4 \text{ cm}^2 / 78,5 \text{ cm}^2 = 0,4 \text{ cm}^2 / \text{cm}^2$$

$$\therefore h = \frac{49,28 \times 11,6 \times 10^8 \times 10^3}{18 \times 1533 \times 4,51 \times 3600 \times 0,4 \times 78,5} = 40,63 \text{ m}$$

Greenwalt (J. Ind. Eng. Chem. 18, 1291 (1926)) heeft proeven gedaan met natte wand torens voor het drogen van lucht. Hij gebruikte verschillende uitstroomopeningingen voor het gas onder in de toren en constateerde, dat kg afhangt van de torenhoogte. Bij een torenhoogte van 49,28 m werd kg waarden van 4,51, die varieerden tussen 7,9 en $21,6 \times 10^{-8}$. Dorden we deze laatste waarde in de vergelijking met de torenhoogte in vullen dan zouden we vinden ± 8 m.

Deze toren zou nog niet te hoog zijn.

we moeten dus omgaan op een gevulde toren.

De gevulde toren.

F Zouden we h_g berekenen uit de h_g van de natte wand
duren en de waarde van a van de fufefante rulling,
dan vinden we.

$$4,51 \times 3600 \times 1000 \times 4,66 \times 10^{-8} = 0,756 \text{ gramme/cent-dm}^3 \text{ mullig.}$$

$$h = \frac{G}{M_A \cdot d \cdot kg \cdot a \cdot O} \int_{y_0}^{y_1} \frac{dy}{y - y_0}$$

$$= \frac{49,28 \times 11,6 \times 1000}{18 \times 1533 \times 0,2484 \times 3,14} = \underline{\underline{2,65 \text{ m.}}}$$