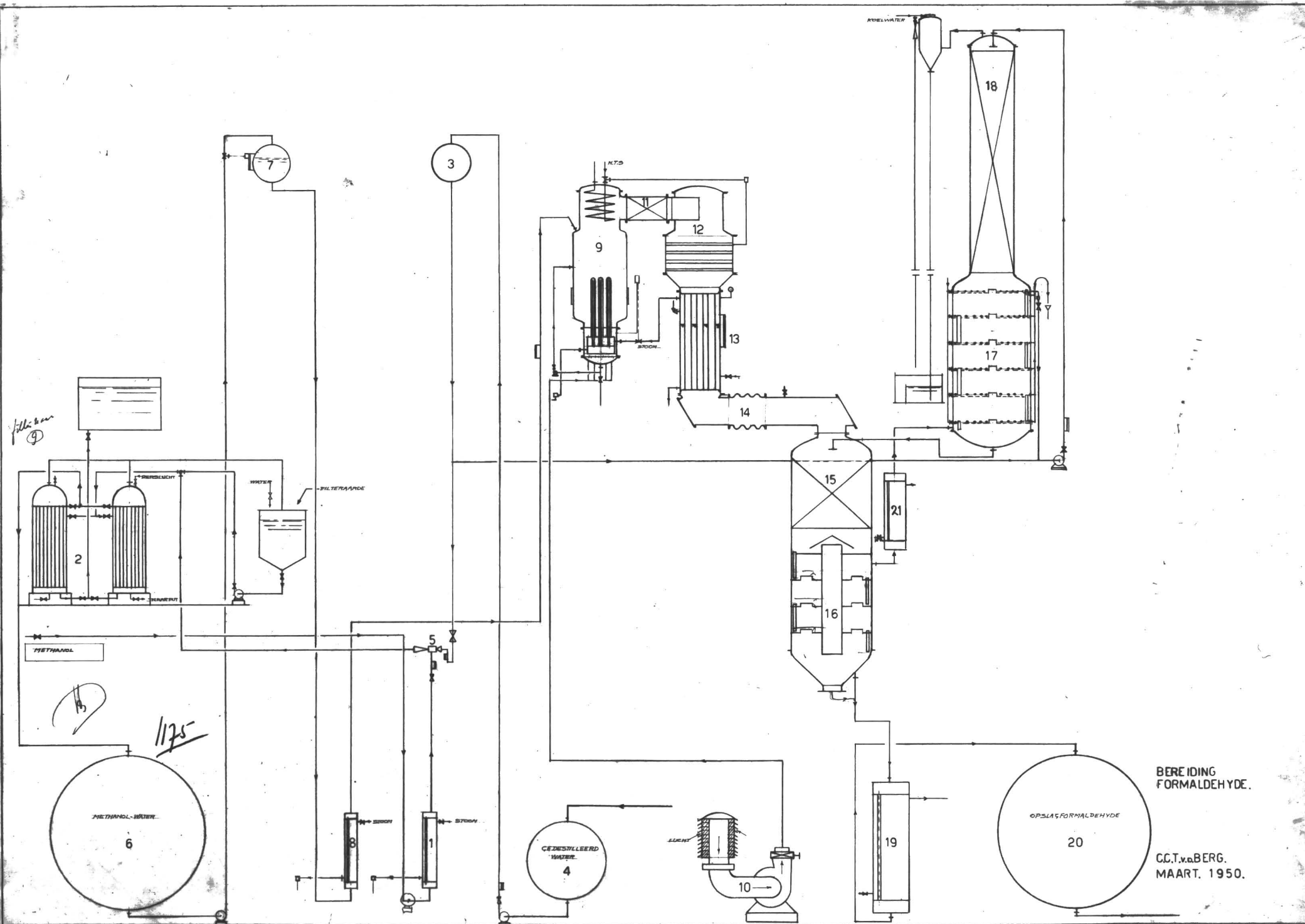


1175

Schema van een formaldehyde-fabriek uitgaande van
Methylalcohol.

C.C.T. van den Berg.



vul de tank
④

1175

BEREIDING FORMALDEHYDE.

C.C.T.v.a.BERG.
MAART. 1950.

Schema van een formaldehyde fabriek uitgaande van methylalcohol

Het Proces.

Formaldehyde kan op de volgende wijze bereid worden:

- het koper is
in het midden*
- A. Oxydatie van methylalcohol met ^{lucht met} behulp van metaalkatalysatoren. b.v. Koper of Zilver.
- B. Oxydatie van methylalcohol met behulp van metaaloxiden als katalysatoren. b.v. WO_3 , MoO_3 , V_2O_5 e.d.
- C. Oxydatie van alkanen.

Methode B heeft op de eerst vermelde methode voor dat het rendement hoger is. (95% tegen 90%). Bovendien is de reactietemperatuur lager; 200 - 300°C. tegen 600 - 650°C., hetgeen de koelapparatuur aanmerkelijk vereenvoudigd.

Een nadeel van methode B is, dat men met een overmaat lucht (als zuurstofbron) werkt (explosiegrenzen), hetgeen hogere pompkosten met zich medebrengt.

Methode A werkt met een overmaat methylalcohol, Deze overmaat wordt door destillatie aan het product onttrokken. Het is evenwel mogelijk dit proces zodanig uit te voeren, dat een destillatie van het reactieproduct vermeden kan worden.

Een gedetailleerde kostprijsberekening ^{Kon aan} toont aan of methode A (eenvoudige koelapparatuur, hoge pompkosten) de voorkeur verdient boven methode B (ingewikkelde koelapparatuur, lage pompkosten) .

Methode C. verkeert nog in het experimentele stadium.

Principe.

De vorming van formaldehyde door het leiden van een methylalcohol en lucht mengsel bij hoge temperatuur over een zilver katalysator is veeleer een dehydrogenatie- dan een oxydatieproces.



Een beschouwing van het evenwicht

$$K_P = \frac{P_{\text{CH}_2\text{O}} \cdot P_{\text{H}_2}}{P_{\text{CH}_3\text{OH}}} = \text{Log}^{-1} \left[-\frac{4600}{T} + 6,470 \right]$$

leert ons, dat bij 1 atm. de dehydrogenatie van methylalcohol tot formaldehyde en waterstof ongeveer 95% bedraagt bij 650° C.

Naast deze reactie vindt er een ontleding plaats van het formaldehyde tot koolmonoxyde en waterstof.



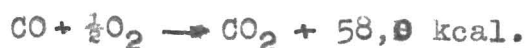
$$K_P = \frac{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{H}_2}}{P_{\text{CH}_2\text{O}}} = \text{Log} \left[\frac{374}{T} - 5,431 \right]$$

De rol van de zuurstof (lucht) is drieledig:

- A. Het houdt het oppervlak van de katalysator in de juiste conditie.
- B. Verplaatst het dehydrogenatie-evenwicht naar rechts.
- C. Levert door een gedeeltelijke verbranding van de vrijgekomen waterstof de benodigde warmte om het proces te doen verlopen.



De hierbij optredende nevenreacties zijn:



Bij het oplossen van formaldehyde in water komt nog warmte vrij tengevolge van hydratatie tot methyleenglycol:



Katalysator.

Gekozen werd een zilver-katalysator, daar de opbrengsten verkregen met deze katalysator hoger zijn dan met een koper-katalysator.

De levensduur van de katalysator bedraagt 6 maanden, waarna zij geregenereerd kan worden.

IJzer vergiftigt de katalysator. De optimale werkzaamheid is gelegen tussen 600°- 650° C.

Als meest gewenste hoogte van de katalysatormassa wordt

10 mm opgegeven.

Bereiding katalysator.

De katalysator wordt bereid door electrolyse van een tot ±45°C. verwarmde zilvernitraat oplossing, welke 3% AgNO₃ en 0,1% HNO₃ bevat.

De anode bestaat uit platina en de kathode is van zilver vervaardigd.

Metallisch zilver wordt opgelost rondom de anode en neergeslagen op de zilveren kathode, waarvan het m.b.v. een schrapermechanisme verwijderd wordt.

De electrolyse wordt uitgevoerd met een stroom van 15 V. en 15 Amp. Er wordt dus 15 x 0,001118 g Ag/sec. d.i. 60,5 g Ag/h neergeslagen.

Lucht, geblazen door een geperforeerde glazen buis, gelegen op de bodem van de cel, zorgt voor een uniform concentratie van het bad.

Het neergeslagen korrelige zilver wast men, na afzuigen van de nitraatoplossing, zorgvuldig uit met gedestilleerd water, waarna het gedroogd en tenslotte in een elektrische oven, gedurende een uur, aanvankelijk in een lucht-stroom, daarna in een zuurstof-stroom en tenslotte in een methylalcoholat-^{mos}mospheer, tot een zwakrood gloeihitte verhit wordt.

Het aldus verkregen product wordt na afkoelen gemalen en gezeefd. De gewenste deeltjes grootte bedraagt 0,15 - 1,23 mm.

1,23 mm.	3 Kg.
0,64 ,,	9 ,,
0,32 ,,	11 ,,
0,15 ,,	2 ,,

Regeneratie van de katalysator.

De uitgeputte katalysatormassa kan men regenereren, door haar gedurende een uur in een luchtstroom zwak roodgloeiend te verhitten. waarna zij, ter verwijdering van eventueel aanwezig kleine hoeveelheden koper en/of ijzer, behandeld wordt met een geconcentreerde zoutzuur-oplossing. Vervolgens wordt zij zorgvuldig gewassen met gedestilleerd water, behandeld met een ammoniak-oplossing, opnieuw gewassen, gedroogd en verder behandeld zoals boven beschreven.

Katalysatorefficiency.

Men kan de werkzaamheid van de katalysator controleren door een gasanalyse van de uitlaatgassen.

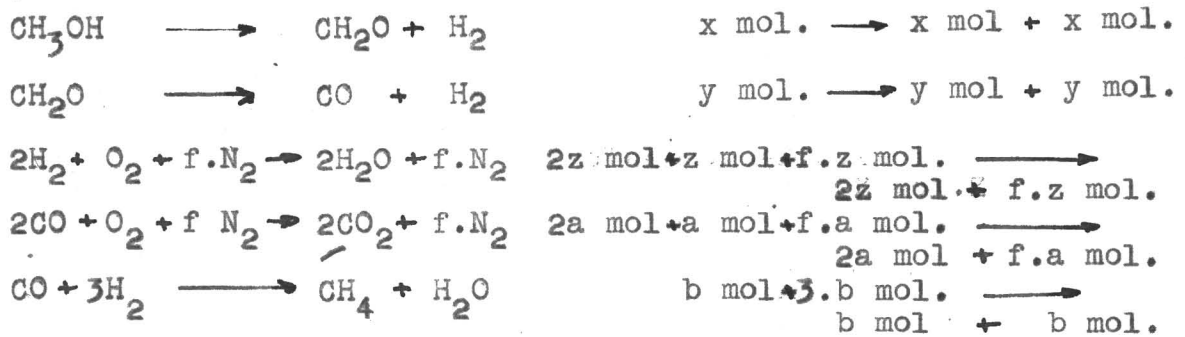
Deze gassen hebben de volgende samenstelling: CO₂; CO; CH₄; H₂; N₂; en sporen O₂.

De opbrengst kan nu becyferd worden aan de hand van de volgende formule:

$$100 - 100 \left[\frac{\%CO_2 + \%CO + \%CH_4}{0,528(\%N_2) + \%H_2 + 2\%CH_4 - \%CO - 2\%CO_2 - 2\%O_2} \right] = \% \text{ opbrengst.}$$

verklaren

Wij nemen aan dat de volgende reacties verlopen, welke voor 100% naar rechts liggen:



Hieruit volgt:

$$\begin{array}{l}
 \% \text{CO}_2 = 100/V.2a \\
 \% \text{CO} = 100/V.(y-2a-b) \\
 \% \text{CH}_4 = 100/V.b \\
 \% \text{H}_2 = 100/V.(x+y-2z-3b) \\
 \% \text{O}_2 = 100/V.r \\
 \% \text{N}_2 = 100/V.f.(z+a+r)
 \end{array}$$

Onbekenden x, y, z, a, b, r , en $f = 78,03/20,99$

$$a = V/100. \frac{1}{2} \% \text{CO}_2$$

$$b = V/100. \% \text{CH}_4$$

$$r = V/100. \% \text{O}_2$$

$$x = V/100. (0,528.\% \text{N}_2 + \% \text{H}_2 + 2\% \text{CH}_4 - \% \text{CO} - 2\% \text{CO}_2 - 2\% \text{O}_2)$$

$$y = V/100. (\% \text{CO} + \% \text{CO}_2 + \% \text{CH}_4)$$

$$z = V/100.f^{-1}. (\% \text{N}_2 - \frac{1}{2}\% \text{CO}_2 - \% \text{O}_2)$$

$$\text{Rendement } 100 - 100.y/x =$$

$$100 - 100 \cdot \left[\frac{\% \text{CO}_2 + \% \text{CO} + \% \text{CH}_4}{0,528\% \text{N}_2 + \% \text{H}_2 + 2\% \text{CH}_4 - \% \text{CO} - 2\% \text{CO}_2 - 2\% \text{O}_2} \right]$$

Uit deze berekening volgt tevens:

Van de totale hoeveelheid zuurstof wordt:

$$\frac{z}{z+a} \cdot 100 \%$$

gebruikt voor de reactie $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

Van de totale hoeveelheid gevormd CO wordt $\frac{b}{y} \cdot 100 \%$ omgezet in methaan.

De voornaamste gids voor de katalysatorefficiëncy is het percentage waterstof in de uitlaatgassen, welk percentage voor een goede werking van de katalysator, volgens H.W. HOMER, gelegen moet zijn tussen de grenzen 18 en 20 %.

In de door mij nageslagen literatuur lag het percentage waterstof bijna steeds tussen deze grenzen in.

Wanneer de katalysator, tengevolge van te lang gebruik of/en door vergiftiging, in zijn werking achteruit gaat neemt het percentage kooldioxyde in de uitlaatgassen toe en het percentage waterstof af. Dit is een teken dat de katalysator gerege-
nereerd moet worden.

Reactie-omstandigheden.

Zoals reeds aangegeven vindt de omzetting van methylalcohol in formaldehyde en waterstof plaats bij een temperatuur van 600°- 650°C. m.b.v. van een zilverkatalysator.

Deze temperatuur moet nauwkeurig gehandhaafd worden, hetgeen men kan bereiken door het reactie gasmengsel (methylalcohol
water lucht) te verdunnen. Als meest gebruikt verdunningsgas wordt in de literatuur stoom aanbevolen. Ook is het mogelijk de gewenste temperatuur te handhaven door een min of meer toevoeren van lucht, al naargelang de temperatuur toeneemt of afneemt hetgeen automatisch geregeld kan worden.

Het product.

Formaldehyde wordt in de handel gebracht als een 30 % en 37 % oplossing.

Deze laatste oplossing wordt in verband met de precipitatie van polymeer bij lage temperatuur gestabiliseerd.

De stabilisatie geschiedt met methylalcohol in een concentratie van 8 tot 15 %.

De 30 % formaldehyde oplossing behoeft geen stabilisatie.

Ook worden oplossingen, sterker dan 50 % in de handel gebracht.

Over de stabilisatie van deze oplossing heb ik geen gegevens kunnen vinden.

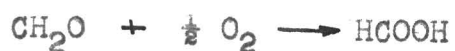
Voor het vervoer over grote afstanden wordt het formaldehyde overgevoerd in polyoxymethyleen, dat ± 95 % formaldehyde bevat. Door verwarming van het polyoxymethyleen kan men het formaldehyde weer in vrijheid stellen.

Naast methylalcohol als stabilisator worden in de litteratuur ook ureum, melamine en zwavelwaterstof aanbevolen.

De meest gebruikelijke stabilisator voor handelsdoeleinden blijft evenwel het methylalcohol.

Opslag van het product.

Een lange opslagtijd dient vermeden te worden, daar in dat geval de oplossing in sterke achteruit kan gaan, terwijl bovendien de zuurgraad toeneemt t.g.v. de volgende reacties.



Verliezen, te wijten aan deze reacties, kan men tegengaan door het kiezen van de juiste condities. Deze zijn:

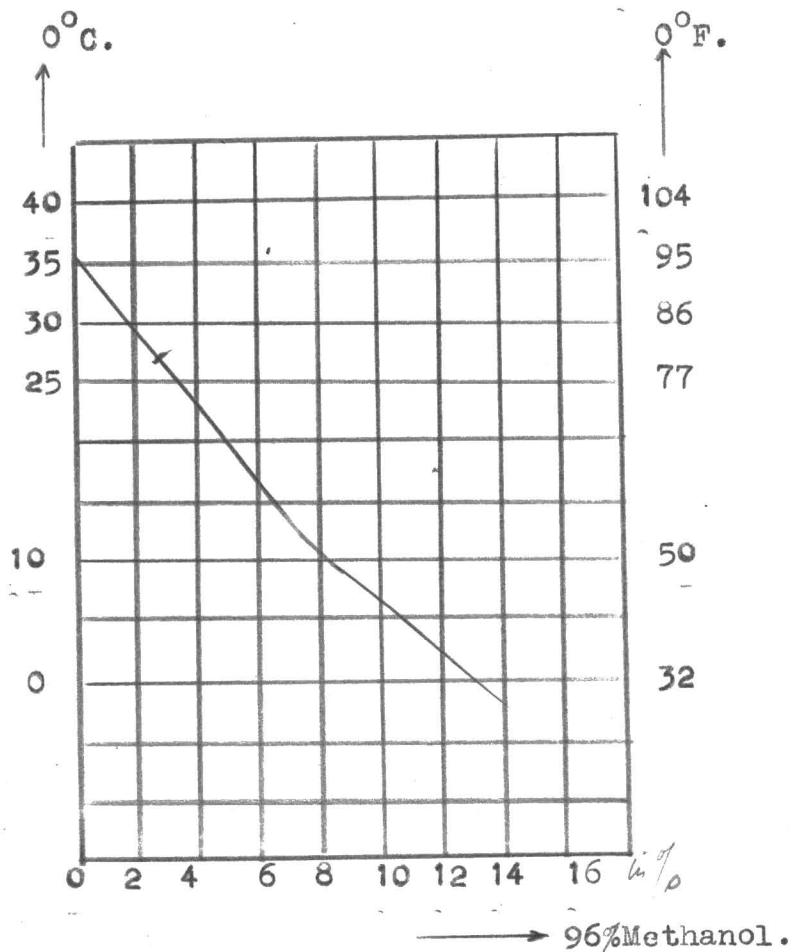
Temperatuur niet hoger dan 85°F (30°C .)

Juiste keuze van materiaal (Zie later)

Juiste keuze van hoeveelheid stabilisator.

hoewel?

Invloed van methylalcohol op de opslagtemperatuur, waarbij
polymeer precipiteert van een 12 dagen oude 37% oplossing.



Capaciteit.

De fabriek werd opgezet als een vervolg op een methanol-synthese. Zij heeft een capaciteit van 30 t. watervrij formaldehyde/dag. d.i. 9000 t./jaar. (300 werkdagen/jaar)

De productiecyfers voor een 37% oplossing zijn voor U.S.A.

1940: 180884573 lbs.
 1939: 134478827 lbs.
 - 46405746 lbs.

1943: 500000000 lbs.
 1940: 181000000 lbs.
 319000000 lbs.

toename 35,2%/j.

toename 176%/3j.

De totale Nederlandse behoefte is 3500 t./jaar.

Rekening houdend met een stijging van 160 %/3j. voor Europa

(Nederland) is het opzetten van een fabriek, welke 9000 t/jaar kan leveren zeker geoorloofd.

58 7/8

40 7/8

Hoeveelheden. Balans.

Aangenomen werd, dat de uitlaatgassen de volgende samenstelling hebben: (Volume-percentage)

H₂ -18 %; CO₂ - 3,4 %; CO - 1,5 %; CH₄ - 1,0 %; N₂ -76,1 %

Het rendement wordt nu:

$$100 - 100 \left[\frac{3,4 + 1,5 + 1}{0,536:76,1 + 18 + 2 - 1,5 - 6,8} \right] = 86,7 \%$$

Van de totale hoeveelheid zuurstof wordt 91,6 % verbruikt voor het verbranden van H₂ en 8,4 % voor de omzetting van CO in CO₂.

Van de totale hoeveelheid gevormd CO wordt 21,7 % omgezet in CH₄.

De benodigde hoeveelheid lucht vindt men nu uit een materiaal-balans.

Verwerkt wordt een 55 % waterig methylalcohol-oplossing.

Input.

1537,9 Kg. alcohol/h.
1258,2 Kg. water/h.
100.a Kg. lucht/h.
2796+100.a reactiemengsel.

Output.

1250,0 Kg. CH₂O/h.
1283,2 + 21,64.a Kg. H₂O/h.
22,1 Kg. CH₄/h.
+ 4,85.a Kg. CO₂/h.
+ 79,00.a Kg. N₂/h.
140,1 - 3,09.a Kg. CO /h.
100,6 - 2,40.a Kg. H₂/h.

	<u>Gewicht.</u>	<u>Volume.</u>
CH ₄	22,2	1,39
CO ₂	+ 4,85.a	+ 0,11.a
N ₂	+ 79,00.a.	+ 2,82.a.
CO	140,1 - 3,09.a	5,00 - 0,11.a
H ₂	<u>100,6 - 2,40.a</u>	<u>50,3 - 1,20.a.</u>
	262,9+78,36.a	56,9 + 1,62.a

$$\bar{a} = 26,73$$

In reactor:

1537,9 Kg. CH₃OH/h.
1258,2 Kg. H₂O /h.
2673,0 Kg. lucht/h.
5469,1 Kg./h.

Uit reactor:

1250,0 Kg. CH₂O/h.
1861,6 Kg. H₂O/h.
2357,5 Kg. gas/h.
5469,1 Kg. ~~h.~~

Wij gebruiken dus 1,9 mol lucht/ mol alcohol.

(B.I.O.S. rapporten 2 mol lucht/mol alcohol.)

Deze 1250 kg formaldehyde moet men oplossen in

$(100 - 37):37 \times 1250$ Kg H₂O , dus suppleren:

$(100 - 37):37 \times 1250 - 1861,6 = 266,8$ kg H₂O/h.

SCHEMA.

Unit processes:

Dehydrogenatie.
Oxydatie.
Hydratatie. (gedeeltelijk)

Unit Operations.

Menging methylalcohol en water.
Filtreren van Alcohol-water-mengsel.
Menging 55% alcohol en lucht.
Verdampen van de alcohol.
Koeling van de gassen.
Absorptie van de gassen.
pompen.
Meet- en regelapparatuur.

Beschrijving schema.

schema.

De cijfers hebben betrekking op het

Zuiver methylalcohol wordt via de warmteuitwisselaar (1) naar de alcohol- water-menger (5) ^{gepompt.} Tegelijkertijd stroomt condenswater van de voorraadtank(3), welke op constant niveau gehouden wordt door pompen van condens-water uit de voorraad tank (4), naar de menger. De benodigde hoeveelheden alcohol water worden geregeld door plaatsing van rotameters in de leidingen. Via een filter wordt de 55% alcoholoplossing gepompt naar de voorraadtank (6), vanwaar de oplossing gepompt wordt naar de voedingstank (7), welke op constant niveau gehouden wordt.

Van deze voedingstank stroomt het mengsel onder constante druk door een warmteuitwisselaar naar de verdamper (9). Gefiltreerde lucht wordt via een blower (10) geblazen in de verdamper.

De gassen stromen vervolgens door een pijp, welke anti-explosie gaas bevat, naar de reactor (12), welke de zilver-katalysator bevat en op een constante temperatuur gehouden wordt van 640 - 660° C. De temperatuur in de reactor wordt gecontroleerd door een Beryllium-Chroom-Nickel-thermo element.

De reactie gassen worden onmiddellijk na de reactor gekoeld tot 150° - 180° C. in de gaskoeler (13), welke koelwater bevat, dat op constant niveau gehouden wordt. De in deze koeler geproduceerde stoom wordt gebruikt voor het verdampen van de alcohol in de verdamper (9).

Via een expansie-buis (14) worden de gassen verder gekoeld in een met ~~raschig~~ ringen gepakte kolom (15). Het koelen geschiedt door de gassen in contact te brengen met de formaldehyde-oplossing, welke van de absorptietoren (17) komt.

Via een prewasher, welke uit drie ^{statis} platen bestaat, stroomt het gas door een warmteuitwisselaar (21), welke het gas van 85° C koelt tot 50° C. naar de uit 6 ^{statis} platen bestaande absorptie toren. (17).

De temperatuur in de prewasher, bedraagt 85° C. Teneinde in de absorptie -kolom (17) een constante temperatuur van 25° C te kunnen handhaven heeft men op iedere ^{statis} plaat een koelspiraal geplaatst.

In een met kaschig ringen gepakte koeltoren worden de gassen tenslotte voor het laatst gekoeld.

De gassen welke bestaan uit H_2 ; CO ; CH_4 kunnen worden gebruikt voor verwarmingsdoeleinden ($3,600 \text{ kcal/m}^3$)

Het product wordt afgetapt van de prewasher en opgeslagen in de opslagtank (20), na een laatste koeling ondergaan te hebben.

Materialen.

Als blower werd een centrifugaal blower (Laval) gekozen met een capaciteit van $2500 \text{ m}^3/\text{h}$.

Als materiaal voor de opslag-tank van het formaldehyde, condenser prewasher en absorptietoren werd aluminium gekozen.

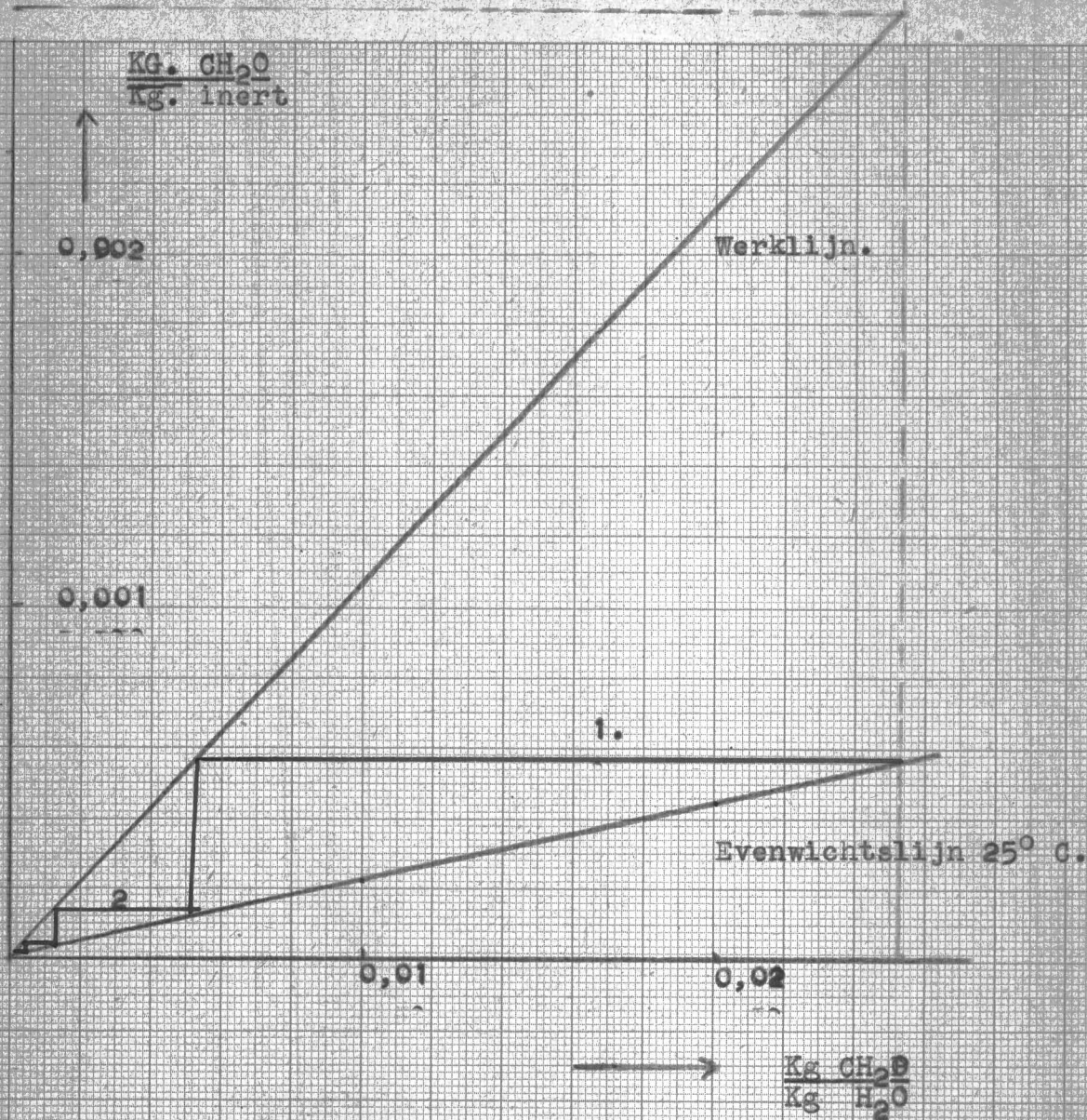
De warmte-uitwisselaars in het alcoholvoedingssysteem, en de warmteuitwisselaar van de verdamer en zijn van koper.

De voorraadtank van de 55% alcoholoplossing is van chroomstaal.

De verdamer, de reactor en de koeler, welke zich onmiddellijk onder de reactor bevindt, zijn gemaakt van V:2.A. staal, i.v.m. de aanwezige zuurstof.

De voorraadtank voor het water kan met een kunststof bekleed worden.

*Indirect materiaal
op de handboeken
Bekend*



Formaldehyde.

J.F. Walker.

Berekening grootte van de apparatuur:

A. Absorptiekolom. (17)

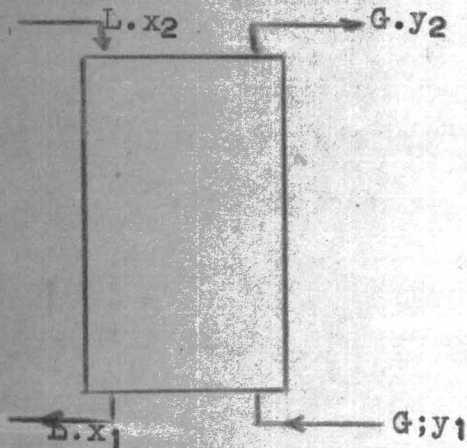
Hoeveelheden zijn steeds per uur aangegeven.

Het eenhedenstelsel is Kg. M. sec.

In de absorptiekolom komt gas van 25° C. en wel 2358 Kg.

Onder deze omstandigheden bedraagt de partiële druk van formaldehyde 1,5 mm. → *1,5*

Wij willen het formaldehyde uitwassen tot een concentratie van 0,025 mg/l. In deze concentratie is het formaldehyde niet meer gevaarlijk. (druk van formaldehyde 0,01 mm.)



$$G = 2358 \text{ kg inert.}$$

$$y_1 = 6,3 \text{ kg.CH}_2\text{O}/2358 \text{ kg.inert.}$$

$$= 0,002650 \text{ kg.CH}_2\text{O}/\text{kg.inert.}$$

$$y_2 = 0,000018 \text{ kg.CH}_2\text{O}/\text{Kg.inert.}$$

Uit het gas komt:

$$0,002632 \text{ kg.CH}_2\text{O}/\text{kg.inert.}$$

$$\text{d.i. } 0,002632 \times 2358 = 6,2 \text{ kg Formaldehyde.}$$

Deze 6,2 kg formaldehyde lost op in het te suppleren water 266,8 kg.

$$x_1 = 6,2 \text{ kg.CH}_2\text{O}/267 \text{ kg. H}_2\text{O}$$

$$0,0232 \text{ kg.CH}_2\text{O}/\text{Kg H}_2\text{O}$$

$$x_2 = 0.$$

De werklijn is nu te construeren. De evenwichtslijn werd bepaald door interpolatie.

Wij hebben 4 Theoretische schotels nodig. Stellen wij de schotel-efficiency op 0,65, dan hebben wij 6 schotels nodig.

Dit is in overeenstemming met de B.I.O.S. rapporten.

Berekening Hoogte en diameter van de kolom.

In het Fiat-rapport gebruikt men 12 porceleinen bubble caps voor 840 m³. De gassnelheid in de slots is dan voldoende.

$$\text{S.G. inertgas} : (2358000 \times 1,1 \times 273) : (100170 \times 22,4 \times 298) = 1,059 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Wij hebben dus nodig} : (2358 \times 12) : (1,059 \times 840)$$

$$= 32 \text{ bubble caps.}$$

De diameter van de kolom wordt dan 60 cm. Stellen we de verticale plaat afstand 40 cm., dan wordt de hoogte van de kolom 2.40 m.

De bubble caps kunnen gewoon boven de gaten geplaatst worden.

B. Berekening warmteuitwisselaar (21)

Berekening gassnelheid in leiding naar de warmteuitwisselaar.

Inertgas 2358 kg/hr. temp. 85° C.

Molgew. gas 23,54 Mol. 2358000/23,54 = 100170 mol/h.

dit is de

$$\text{S.G.} = (2358000 \times 1,1 \times 273) : (100170 \times 22,4 \times 355) = 0,8894 \text{ kg/m}^3$$

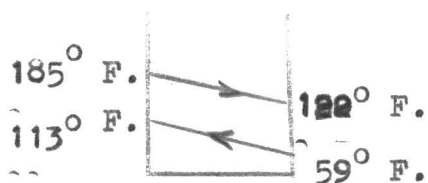
$$\text{Volume inertgas} : 2358 / 0,8894 = 2653 \text{ m}^3/\text{h}$$

Wij nemen een buisdiameter van 10''

$$\text{Snelheid van het gas} : (2652 \times 4) : (3600 \times \pi \times 0,254^2) = 14,54 \text{ m/sec.}$$

Warmteuitwisselaar:

$$Q = 2358 \times 2,2 \times 0,294 \times 63 = 96070 \text{ B.T.U./lb.}$$



Wij nemen een U aan van 5.

$$q = U.A.\Delta t_m$$

$$96070 = 5 \times A \times 67,38$$

$$A = 285,2 \text{ sq.ft.}$$

Wij nemen pypjes van 5/8" u.d. x 1/2" i.d.

Het koelendoppervlak wordt genomen aan binnenzijde van de pijpjes.

De gassnelheid wordt geschat op 15 m/sec.

Doortocht door een pijpje:

$$\left(\frac{\pi}{4} \times 0,0127^2\right) = 0,0001267 \text{ m}^2$$

$$\text{Antal pijpjes: } (2652) : (3600 \times 15 \times 0,0001267) = 388$$

Neem 283 pijpjes. Shell 400 mm.

$$\text{Snelheid door pijpjes: } (388 \times 15) : 283 = 20,5 \text{ m/sec.}$$

Lengte pijpjes:

$$\frac{285,2 \times 144 \times 0,0254}{283 \times \pi \times 0,5} = 2,35 \text{ m.}$$

Hoeveelheid koelwater.

$$Q = 96070 \text{ B.T.U./hr} = 24220 \text{ kcal/h.}$$

$$\text{Hoeveelheid koelwater: } = 24,22 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$\begin{aligned} \text{Doortocht door Shell: } &= \frac{\pi}{4} \times 0,4^2 - 283 \times \frac{\pi}{4} \times (0,016)^2 = \\ &= 0,06876 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

Snelheid koelwater:

$$= (24,22) : (3600 \times 0,06876) = 0,098 \text{ m/sec.}$$

Overzicht:

Shell: 400 mm.

Lengte: 2,35 + 0,034 = 2,38 m

Aantal pijpjes: 283.

Snelheid gas 20,5 m/sec.

Snelheid water

0,098 m/sec.

Hoeveelheid koelwater

24,22 m³/h.

Bepaling Overall-coëfficiënt.

A. Filmcoëfficiënt gaszijde:

$$D = 0,04166 \text{ ft.}$$

$$U = 20,5 \times 3,281 \times 3600 \text{ ft/h.}$$

$$S = (23,54 \times 16,17 \times 492) : (359 \times 14,7 \times 613,5) \text{ lb/ft.}^2$$

$$M \text{ aangenomen voor lucht: } = 0,02 \times 2,42 = 0,0484 \text{ Eng. Units.}$$

$$Re = 12050$$

$$C = 0,294 \text{ B.T.U./lb.}$$

$$k = (0,0129 + 0,00002 \times 121,5) = 0,01533$$

$$Pr = 0,9281$$

$$h_1 = \frac{0,0225 \times 0,01533 \times (12050)^{0,8} \times (0,9281)^{0,3}}{0,04166} = 14,9$$

B Filmcoëfficiënt vloeistofzijde:

$$\rightarrow \mu = 0,81 \times 2,42 = 1,960 \text{ Eng. Units.}$$

$$u = 0,098 \times 3,281 \times 3600 \text{ ft/h.}$$

$$D = \frac{4 \times /4 (0,4 \times 3,281)^2}{283 \times \times 0,05208} = 0,1167 \text{ ft.}$$

$$g = 62,17$$

$$Re = 4286$$

$$C = 1$$

$$k = 0,355$$

$$Pr = 5,521$$

$$h_2 = \frac{0,0225 \times 0,355 \times (4286)^{0,8} \times (5,521)^{0,4}}{0,1167} = 109,1$$

Daar hier een groot verschil is tussen beide filmcoëfficiënten mag men gebruiken:

$$U = \frac{1}{1/h_1 + L/K + 1/h_2}$$

$$1/h_1 = 0,06711$$

$$1/h_2 = 0,00917$$

$$L/K = 0,00002$$

koper

$$U = 1/(0,06711 + 0,00917 + 0,00002) = 13,1$$

De overall-coëfficiënt is groter dan de aangenomen overall-coëfficiënt. Dit is een gelukkige omstandigheid, daar de lengte van de koeler nu gewijzigd kan worden en wellicht betere verhouding lengte tot breedte zal geven.

De nieuwe lengte van de koeler wordt:

$$(5/13,1) \times 2,38 \text{ m} = 0,91 \text{ m.}$$

$$\text{Diameter shell} = 400 \text{ mm.}$$

143

Literatuur.

Patenten:

U.S.P. 1:213.740 - 1:423.753 - 1:840.186 - 2,002.243

B.P. 178.842 - 199.760 - 463.389 - 462:389

Newton & Doge. J. Am. Chem. Soc. 55 4747 (1933)

Homer. J. Soc. Chem. Ind. 60 213 (1941)

J.F. Walker. Formaldehyde
Monograph series of Am. Chem. Soc. 98.

B.I.O.S. Final report 978. Item 22.

B.I.O.S. Final report 1331. Item 22.

B.I.O.S. Final report 1788. Item 22.

F.I.A.T. Final report 999.

.....