

27. m. Hecken

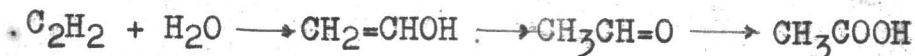
1132

TOELICHTING

op het schema voor de bereiding van azijnzuur uit acetyleen.

Er is hierbij een keuze gedaan uit de bestaande methoden, die van acetyleen uitgaande, tot azijnzuur komen. Deze zijn:

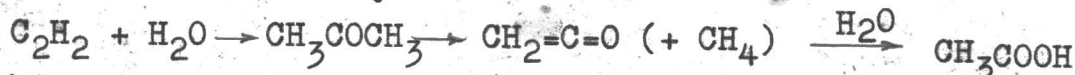
1. Wateraanlegging aan acetyleen onder katalytische invloed van kwik, het gevormde aceetaldehyde wordt daarna geoxydeerd tot azijnzuur. Reactie:



2. Partiële hydrogenering van acetyleen tot aetheen, wateraanlegging, en oxydatie van de aethanol via aethanal tot azijnzuur:



3. Aceton kan katalytisch bereid worden uit acetyleen en waterdamp,; door pyrolyse van aceton verkrijgt men keteen, dat met twee moleculen water azijnzuur levert:



4. Aanlegging van methanol aan acetyleen onder katalytische invloed van KOH, hydrolyse van de gevormde vinylmethylaether, gevolgd door oxydatie van het aethanal:



Nadere beschrijving van de methoden.

Methode 1 is de oudste en werd sedert 1881 in Duitsland ontwikkeld. Acetyleen wordt in de warmte in reactie gebracht met verd. zwavelzuur, waarbij als katalysator gesuspendeerd kwik + mercurisulfaat dient. Verder wordt ferrisulfaat toegevoegd, daar het Hg-zout tijdens de reactie tot kwik gereduceerd zou worden. Het ferrizout verhindert dit; het moet van tijd tot tijd geoxydeerd worden. Aethanal wordt afgedestilleerd en in terens met lucht of zuurstof tot azijnzuur geoxydeerd, waarbij mangaanacetaat als ~~xxxx~~ katalysator dient. Het gebruik van de katalysator wordt nader besproken onder methode 4.

Methode 2 is in Duitsland een tijdlang in gebruik geweest toen men niet de beschikking over voldoende hoeveelheden aetheen had. Tegenwoordig is aetheen op velerlei manieren te bereiden en heeft men de kostbare bereiding uit acetyleen geheel ~~verlaten~~. Nochtans is dit een mogelijke bereiding van azijnzuur en wordt hier verder besproken. Door wateraanlegging aan aetheen onder invloed van zwavelzuur verkrijgt men aethanol. De alcohol wordt in de gasfase geoxydeerd tot aethanal, door de

1132

alcohol dampen gemengd met zuurstof door zilvergas te leiden. De aethanal wordt verder geoxydeerd tot azijnzuur als onder 1. In de Ver. Staten wordt een deel van de totale productie van azijnzuur volgens deze methode uit alcohol gemaakt.

Methode 3 is een nieuwe, nog niet toegepaste methode. Aceton wordt verkregen door acetyleen en waterdamp bij een bepaalde temperatuur over een  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ZnO-katalysator te leiden. Pyrolyse van aceton geeft keteen en  $\text{CH}_4$ . Keteen is een zeer reactieve stof en geeft met water azijnzuuranhydride, waaruit met nog een molecule water azijnzuur ontstaat. De eerste trap van dit proces is voorlopig niet economisch, daar men voor de bereiding van aceton veel beter kan uitgaan van propaan dan van het duurdere acetyleen. Verder zou dit proces, dat via keteen verloopt, als eindproduct het duurdere azijnzuuranhydride veel beter kunnen afleveren. Deze methode is dus vooralsnog niet economisch als bereidingswijze voor azijnzuur.

Methode 4 is een vóór en tijdens de tweede wereldoorlog in Duitsland ontwikkeld proces, althans de eerste trap. Het werd gepatenteerd door de I.G. Farben te Ludwigshafen. Het proces is beschreven in de rapporten: BIOS F.R.370; BIOS742; BIOS 1292; FIAT FR 1080. In het eerstgenoemde rapport is een plan beschreven voor een fabriek, die een dagproductie zou hebben van 170 ton aethanal. Deze fabriek was gebaseerd op ervaringen opgedaan aan een proeffabriek, die tijdens de oorlog vernield werd. De ontworpen fabriek is nooit uitgevoerd, dit tengevolge van het verloop van de oorlog.

Volgens een kostenberekening voor deze fabriek zou de prijs van het aethanal ongeveer dezelfde zijn als die bij het kwik-procédé: het nadeel van de duurdere installatie (er wordt hier gewerkt onder 16 atm) weegt dus ongeveer op tegen het gebruik van de grote hoeveelheden kwik. Een voordeel is echter wel, dat het eindproduct zuiver is. Het oude proces levert een product, waarin altijd nog kleine hoeveelheden kwik aanwezig zijn. Dit had o.a. tengevolge, dat films van cellulose-acetaat, die bereid zijn met azijnzuur van het kwik-proces, ontleding en gaatjes gingen vertonen als gevolg van sporen kwik daar ter plaatse. Dit bezwaar hebben we niet bij deze laatste methode. Ook kan hierbij gebruik gemaakt van relatief

Apparatus  
dit te gebruiken met stekker

---

Beoordeling tegen  
oplossing

Monteer de  
kabel

onzuiver acetyleen; de reactie wordt niet beïnvloed door de onzuiverheden, die zich in het acetyleen bevinden, daar het KOH deze wegneemt. Er vindt dus in de reactietoren tevens een zuivering van het acetyleen plaats. Dit is een voordeel boven het kwik-procédé.

Dit ~~hebben~~ proces hebben we dan ook gekozen voor de bereiding van aceetaldehyde uit acetyleen. De oxydatie van aceetaldehyde gebeurt volgens de methode, die voorgesteld wordt in de beschrijving van een azijnzuurfabriek van de I.G. Farben te Höchst in het rapport BIOS 1052. Deze fabriek stond ook alleen maar op papier en is niet uitgevoerd tengevolge van de oorlog. Het leek ons echter een aantrekkelijk proces. In afwijking van de normale omstandigheden vindt hier de oxydatie plaats in slechts één toren, dit geeft besparing in apparatuur en plaatsruimte.

#### Het proces.

Dit is te splitsen in drie onderdelen:

1. De bereiding van vinylmethylaether
2. De verzeeping hiervan tot aceetaldehyde
3. De oxydatie van aceetaldehyde tot azijnzuur

#### 1. Vinylmethylaether

De reactie:  $C_2H_2 + CH_3OH \xrightarrow{KOH} CH_2=CHOCH_3$  wordt uitgevoerd bij een temperatuur van  $160^\circ$  en een druk van 16 atm. Het condensatiemiddel, KOH, bevindt zich als 20%-ige oplossing in methanol in de reactietoren(3) Onder in de toren wordt een acetyleen-stikstof-mengsel ingevoerd, de toren zelf is gevuld met methanol - waarin KOH -, terwijl verse methanol aangevoerd wordt uit (1) door pomp(2). De stikstof is verdunningsmiddel voor acetyleen en bij de gasdruk van 16 atm mag het gasmengsel voor niet meer dan 40-45% uit acetyleen bestaan. We hebben voor de berekening van de hoeveelheden aangenomen een percentage van 40%. De omzetting van het acetyleen in V.M.A. is 60% per pass. Boven in de toren is een dephlegmator aangebracht, die het grootste deel van de methanol terughoudt, terwijl vinylmethylaether overgaat. Onderin de toren is een verwarmingsspiraal, die de gewenste temperatuur onderhoudt door middel van een automatische regelaar, die bediend wordt door een thermometer in de toren.

Naast de bovenaangegeven hoofdreactie vinden ook nevenreacties plaats. Eén hiervan is de vorming van dimethylacetaal, daarnaast hebben we ook de onzuiverheden uit het acetyleen en

*Met  
Nunferm?  
Ja*

en hun reactieproducten met KOH. Om opeenhoping van deze stoffen te vermijden wordt onderaan de toren continu een kleine hoeveelheid vloeistof afgetapt, waardoor wat KOH verloren gaat. Dit wordt aangevuld door in de methanol KOH op te lossen. De intredende methanol bevat ongeveer 2% KOH. Het verlies aan KOH bedraagt circa 5 kg per 100 kg V.M.A.

Het stikstof-acetyleen-mengsel wordt in de toren gepompt door een circulatiepomp(5). De gassen worden door compressor(4) aangezogen en gecomprimeerd tot 16 atm. Verliezen aan stikstof worden gesuppleerd ~~mix~~ en tezamen met acetyleen aangezogen. Acetyleen wordt aangevoerd via een gasmeter, de zuiverheid bedraagt 97%. Per uur wordt verbruikt  $890 \text{ m}^3$  van  $0^\circ$  en 1 atm. = 1042 kg. (25 ton/dag)

De aanvoer van methanol is 2050 l of 1630 kg/uur; boven uit de toren verdwijnt per uur 2576 kg V.M.A.(bevat 15% methanol)

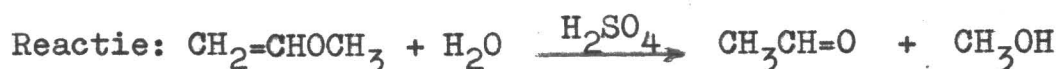
De leidingen, waarin zich acetyleen onder druk bevindt, zijn opgevuld met vulstukken, waardoor er weinig vrije ruimte is. Dit met het oog op eventuele explosies, die door deze maatregel binnen de perken worden gehouden. Voorts zijn alle apparate en leidingen, waarin acetyleen, berekend op 10 maal de partiele druk van het acetyleen.

Boven uit de toren komt een mengsel van V.M.A., methanol, acetyleen en stikstof. Dit mengsel passeert een aantal koelers en ontgassers (6),(7),(8) en (9) en een vloeistofvanger(10). Al deze apparaten staan onder een druk van 16 atm. Het doel ervan is om de stikstof zoveel mogelijk uit de V.M.A. te verwijderen. Acetyleen is echter te goed oplosbaar, zodat er nog veel acetyleen met de V.M.A. meegaat. Daarom wordt het naar een derde ontgasser gevoerd(11), die onder een druk van 6 atm staat. Hier worden de gassen onder verwarmen uitgedreven en teruggevoerd naar de zuigleiding van de compressor(nadat de druk op 1 atm gereduceerd is. De gassen, die reeds eerder bij 16 atm verwijderd waren gaan via (10) terug naar de circulatiepomp(5).

De vinylmethylaether passeert na (11) een koeler en wordt tijdelijk opgeslagen in een opslagtank onder 3 atm stikstof.

## 2. Aceetaldehyde

Door pomp (14) wordt de V.M.A. via een vloeistofmeter getransporteerd naar de hydrolysetoren(15). De hydrolyse vindt plaats onder de katalytische werking van verd. zwavelzuur.



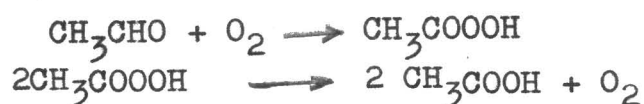
Deze reactie vindt plaats onder een druk van 2.5 atm en bij 100°, De toren is gevuld met een 0.25%-ige zwavelzuur oplossing. Onder in wordt V.M.A. ingevoerd. Uit het meetvat ~~van~~ (16) voert men voortdurend water toe, dat aangezuurd is om verliezen aan zwavelzuur te dekken. Boven uit de toren gaat een mengsel van aceetaldehyde, methanol, water en onomgezette V.M.A. over. Men gebruikt in de hydrolysetoren een overmaat water: theoretisch is slechts 680 kg water/uur nodig, om echter de reactie zoveel mogelijk te doen aflopen voegt men 1400 kg/uur toe. Per uur wordt 2576 kg V.M.A. gehydrolyseerd. Het rendement van de reactie is 96%.

Na reductie van de druk op 1 atm gaat het mengsel naar de volgende toren(17), waar het op 2 verschillende hoogten ingevoerd wordt. Het doel van deze kolom is tweëerlei: ten eerste wordt hier de reactie aflopend gemaakt door boven de invoer van het mengsel aangezuurd water toe te voeren uit tankje (18); ten tweede wordt aceetaldehyde gescheiden van de andere componenten door destillatie. De toren is gevuld met Raschigringen. De reflux bedraagt 5:1. Het overdestillerende aceetaldehyde wordt gekoeld door een gewone waterkoeler(19) en vervolgens door een pekelkoeler(20). Het wordt opgeslagen in een tank(21), die door pekeloplossing gekoeld wordt en voorzien is van een ontgassingspijpje, dat ook weer gekoeld wordt.

Aan de bodem van kolom(17) wordt het methanol-watermengsel afgetapt, gekoeld in (22) en in de neutralisatietank(23) met KOH geroerd. Dit dient om sporen aldehyde uit de methanol te verwijderen vóór de destillatie en terugvoer hiervan in de toren(3). De hoge KOH concentratie daar zou aanleiding geven tot harsvorming, die niet gewenst is. In (23) wordt dus nog aanwezig aldehyd verharst en daarna gaat de vloeistof naar de destillatiekolom voor methanol(24) en via koelers (25) en opslagtank voor methanol(26) terug naar (1).

### 3. Azijnzuur

De oxydatie van aceetaldehyde tot azijnzuur verloopt in twee trappen:



De eerste reactie verloopt snel in tegenstelling tot de tweede. Daarom wordt een katalysator toegevoegd om de ontleding van het perazijnzuur te versnellen. Zou men dit niet doen, dan kon de concentratie van het explosieve perazijnzuur zo groot worden, dat er gevaar voor ontploffing zou zijn. De katalysator, die het meest gebruikt wordt, is mangaanacetaat. Het rendement van de reactie bedraagt 96%.

De reactie wordt uitgevoerd in een toren, die gevuld is met azijnzuur, bij 70°C en normale druk. Gewoonlijk wordt voor de oxydatie van aceetaldehyde een temperatuur gebruikt van 55-60°. Dat hier een hogere temperatuur gehandhaafd wordt, heeft tot voordeel, dat volstaan kan worden met slechts één reactietoren, want de reactiesnelheid is hier veel groter. Echter moet de concentratie van het aceetaldehyde in azijnzuur klein blijven. Z~~o~~ wordt een omzetting verkregen van praktisch 100%; slechts een klein deel van het aceetaldehyde komt terecht in het afgetapte azijnzuur (+1% van het verwijderde azijnzuur).

Daar de oxydatie van aceetaldehyde exotherm verloopt moet gekoeld worden; dit geschiedt door een aantal koelers, die buiten de toren zijn aangebracht.

Het aceetaldehyde wordt aangevoerd via een vloeistofmeter :1594 kg of 2030 l/uur. In de aanvoerleiding wordt een suspensie van Mn-acetaat in azijnzuur (20%) geïnjecteerd (8 l per uur). Vervolgens komt het aceetaldehyde onderin de oxydatietoren(29). Hier wordt tevens zuurstof ingeblazen in een hoeveelheid van 460 m<sup>3</sup>/uur. De zuurstofstroom wordt door een zeefplaat onderin de toren verdeeld in kleine gasbelletjes. Door een gasmeter-pomp (28) wordt de zuurstof toegevoerd. Bovenop de toren is een verbreed gedeelte, dat een laag van Raschigringen bevat. Dit dient om druppeltjes azijnzuur, die door de gassen, die de toren bovenaan verlaten, meegenomen worden, zoveel mogelijk tegen te houden. Boven aan het smalle gedeelte van de toren is een leiding, die het azijnzuur naar de vier koelers voert(34). Deze zijn in serie geplaatst. Door een circulatiepomp(35) wordt de stroom in stand gehouden. Aan het begin van de eerste koeler is de temp. 70°, aan het eind van de vierde 50°C. De hoeveelheid azijnzuur, die rondgepompt wordt bedraagt 240 m<sup>3</sup>/uur. Vlak onder het verbrede gedeelte van de toren wordt azijnzuur afgevoerd naar de opslag tank voor ruw azijnzuur. Per uur afgetapt 2120 kg.

Vallen

Aan de top van de toren worden de gassen afgevoerd. Ze bestaan uit zuurstof (de overmaat is ca  $50 \text{ m}^3/\text{uur}$ ), bijmengsels uit de zuurstof (de zuiverheid van de zuurstof is 95%), onomgezet aceetaldehyde en wat azijnzuur. De gassen passeren een koeler(30), een vloeistofafscheider(31) en vervolgens een pekelkoeler(32) met vloeistofafscheider(33). Aceetaldehyde en azijnzuur uit (31) en ~~32~~ (33) worden via de koelers (34) teruggevoerd in de oxydatietoren.

De gassen, afkomstig uit (33) zijn nu nog niet geheel vrij van meegevoerd aldehyde en azijnzuur. Voordat ze in de atmosfeer gespuut worden, passeren ze nog een wastoren(36). De toren is gevuld met Raschigringen, de wasvloeistof bestaat uit zeer verdund azijnzuur, dat door een circulatiepomp boven in de toren gepompt wordt met een snelheid van  $4 \text{ m}^3/\text{uur}$ . Voor een goede absorptie mag het azijnzuur niet boven een bepaalde sterkte komen. Wordt de concentratie te groot, dan wordt beneden zuur afgetapt en met water gesuppleerd.

Het ruwe azijnzuur in de opslagtank(37) bevat ca 2% onzuiverheden, bestaande uit aceetaldehyde, Mn-acetaat en methylacetaat (dat als nevenproduct ontstaat). Dit 98%-ige azijnzuur kan in de winter gemakkelijk stollen. Daarom is de opslagtank voorzien van een verwarmingsspiraal.

Voor de zuivering gaat het ruwe zuur via een pomp(38) en een warmteuitwisselaar(39) naar een "stripper". In de warmteuitwisselaar wordt het zuur voorgewarmd op  $105^\circ$  door het zuur dat de kolom onderaan verlaat met een temperatuur van  $125^\circ$ . Het zuur wordt ingevoerd in de benedenste helft van kolom(40). Dit is een *nut* platenkolom, de reflux is 15:1; de hoeveelheid destillaat bedraagt ongeveer 50 liter per uur, bestaande uit aceetaldehyde, methylacetaat, water en wat azijnzuur. Het destillaat passeert een koeler en komt in een opvangtank(41). Het wordt gefractionneerd in een destillatiesectie(42), bestaande uit twee kolommen. In de eerste wordt azijnzuur gescheiden van de lichtere bestanddelen en in de kolom teruggevoerd. In de tweede wordt aceetaldehyde gescheiden van methylacetaat; aldehyde gaat terug naar de oxydatie toren via de koelers(34). **Methyl**acetaat wordt onderaan de tweede kolom afgetapt en opgeslagen.

De voeding van de stripper(40) is ~~2095~~  $2130 \text{ kg}/\text{uur}$ , de afvoer onder uit de kolom  $2000 \text{ kg}/\text{uur}$ . Het azijnzuur, dat de stripper verlaat heeft een sterkte van 99%. Het passeert de



hi/Carly Monday?  
2/16

of elders

warmteuitwisselaar (39) en gaat vervolgens naar de destillatiekolom voor zuiver azijnzuur(43). Het onzuivere azijnzuur komt in de kolom met een temperatuur van  $80^{\circ}$ , beneden in de kolom is de temperatuur  $160^{\circ}$ . De reflux is 1:1. De invoer van onzuiver azijnzuur bedraagt 2100 kg/uur; het destillaat 2080 Kg per uur. Het destillaat wordt gekoeld in koeler en opgeslagen in een opslagtank(47). Het heeft een zuiverheid van tenminste 99.5%. De dagproductie van het zuivere zuur is 50 ton.

Het bodemproduct van de destillatiekolom(43) gaat via koeler(44) naar een kleine destillatiekolom(46), waarin azijnzuur uit het bodemproduct teruggewonnen wordt. Deze kolom is gevuld met Raschigringen. De destillatie vindt discontinu plaats, in het bodemproduct van deze kolom vinden we het Mn-acetaat, dat niet teruggewonnen wordt.

Hieronder volgt een meer gedetailleerde beschrijving van de gebruikte apparatuur.

(1)Oplosvat voor KOH in methanol. Dit bestaat uit V8A extra metaal. Door een roerder wordt het oplossen van KOH bevorderd. Het vat is voorzien van een koelingsmantel om de oploswarmte af te voeren. De oplossing moet een sterkte hebben van ongeveer 2%. De gezuiverde methanol uit het proces, afkomstig van (26), wordt hoofdzakelijk gebruikt, verliezen worden aangevuld uit de methanoltank.

(2)Aanvoerpomp van methanol naar de reactietoren. Deze voert 2050 liter/uur of 1630 kg/uur toe. Hij bestaat uit <sup>met</sup>roestend materiaal. *Nirosta*

(3)Reactietoren, waarin de vinylering plaats vindt. Hoogte van de toren is 12 m, diameter 1.2 m. De toren heeft onderin een verwarmingsspiraal; de stoomtoevoer hierin wordt automatisch geregeld door een regelapparaat(verkrijgbaar bij: Mason-Neilan Regulator Co, Boston, Mass.). Deze reageert op een thermometer, die in de vloeistof in de toren aangebracht is. Zo wordt de temperatuur in de toren op  $160^{\circ}$  gehouden. Boven in de toren is een dephlegmator, die de methanoldamp tegen houdt. Door een regelmechanisme wordt de temperatuur van de dephlegmator zo geregeld, dat de gassen, die de toren verlaten, geen hogere temp. hebben dan  $120^{\circ}$ .

! gasten deels in dampvorm  
of het is damp ?  
of H + damp die te binden zijn

Het kookpunt van methanol bij een druk van 16 atm ~~is~~  $160^{\circ}$ , dat van vinylmethylaether ongeveer  $70^{\circ}$ . Er is een veiligheid aangebracht op de toren voor het geval, dat de druk te hoog oploopt. De snelheid van de gassen in de toren bedraagt ten hoogste 15 cm/sec. Dit kan aangetoond worden door een ruwe berekening:

De omzetting van acetyleen in V.M.A. is 60% per "pass". Het gasmengsel bestaat voor 40% uit acetyleen, de rest is stikstof voor verdunning. Per uur wordt 1020 kg acetyleen omgezet in V.M.A., overeenkomend met 1050 kg onzuiver acetyleen (97%), dat door de compressor aangevoerd wordt. De dichtheid van acetyleen bij  $0^{\circ}$  en 1 atm is  $1.173 \text{ kg/m}^3$ ; per uur wordt er omgezet  $1050/1.173 = 897 \text{ m}^3$  acetyleen. Hiervoor moet er circuleren een gashoeveelheid van :  $10/6 \cdot 10/4 \cdot 897 = 3730 \text{ m}^3$ , van  $0^{\circ}$  en 1 atm, bestaande uit acetyleen en stikstof. Bij de heersende temperatuur en druk in de toren wordt dit volume  $370 \text{ m}^3$ . Verder verkeren methanol en V.M.A. in de toren grotendeels in dampvorm. Per uur wordt er 2200 kg V.M.A. gevormd.  $1 \text{ m}^3$  van 16 atm en  $160^{\circ}$  weegt: 26.1 kg. Het volume van de V.M.A. is dus  $84 \text{ m}^3$ . Van methanol is het s.g.  $18.6 \text{ kg/m}^3$  <sup>bij  $160^{\circ}$</sup>  <sub>in 16 atm</sub>. Per uur is de passage van onomgezette methanol 390 kg. Dit is dus  $21 \text{ m}^3$ . Het totale volume, dat per uur door de toren gaat is dus  $370 + 84 + 21 = 475 \text{ m}^3$ ; dit is 132 liter/sec. De diam. van de toren is 1.2 m, het oppervlak van de doorsnede  $1.1304 \text{ m}^2$ . We vinden zo voor de snelheid van de gassen in de toren: ~~11.7~~ 11.7 cm/sec.

(4) Compressor voor acetyleen. Dit is een viertrapscompressor. Trappen: van 1 op 2 atm, van 2 op 4 atm, van 4 op 8 atm en van 8 op 16 atm. Er is tussentrapse koeling, terwijl de cilinder ook gekoeld wordt. Per uur zuigt de compressor  $897 \text{ m}^3$  vers acetyleen aan, verder komt hier nog bij het acetyleen uit de ontgasser(11) en stikstof om verliezen aan te vullen.

(5) Circulatiepomp voor de gassen. Deze pompt acetyleen en  $\text{N}_2$  in de toren en door de ontgassingsapparaten. Capaciteit van de pomp is  $400 \text{ m}^3/\text{uur}$ .

Tussen deze pomp en de reactietoren is een U-bocht in de leiding, die dient om eventuele terugslag van vloeistof in de leiding tegen te gaan.

*Luipant*

(6) Eerste koeler voor vinylmethylaether.

Hoogte 5 m , diameter 1 m. De gassen uit de reactor worden hier gekoeld. Ze bestaan uit V.M.A.(2200 kg), methanol(390 kg), stikstof en acetyleen. Het grootste deel van eerstgenoemde twee stoffen condenseert hier en daarin lossen de beide gassen op.

(7) Eerste ontgasser. De druk hierin is dezelfde als in de toren. Een verwarmingsspiraal houdt de temp. op 100°C. Het grootste deel van de stikstof en een kleiner deel van het acetyleen worden uit de vloeistof verwijderd. De hoogte van het niveau in de ontgasser wordt geregeld door een vlotter, die de afvoer naar de derde ontgasser regelt,(11).

(8) Koeler voor de gassen uit (7). De gassen uit de eerste ontgasser nemen V.M.A. mee, die hierin condenseert.

(9) Twede ontgasser. De gecondenseerde vloeistof wordt op de zelfde wijze als in (7) ontgast en teruggevoerd naar (7).

(10) Vloeistofvanger. De gassen uit (9) passeren de vloeistofvanger. Door de vertraging van de snelheid kunnen zich de meegenomen druppels afzetten. De gassen gaan hierna naar de zuigzijde van circulatiepomp(5). Van tijd tot tijd moet de V.M.A. uit dex vloeistof vanger afgetapt worden.

De apparaten van (3) tot en met (10) staan onder een druk van 16 atm.

(11) Derde ontgasser. In deze ontgasser heerst een druk van 6 atm. De hoogte is 8 m, de diameter 1.5 m. De V.M.A. uit (7) wordt ingevoerd via een reduceerventiel, dat geregeld wordt door de vlotter in (7). De verwarmingsspiraal houdt de temperatuur in deze ontgasser op 70°. Bij deze druk en temperatuur wordt het grootste deel van het opgeloste acetyleen uit de V.M.A. verdreven. Het gas gaat, na ~~reductie~~ passeren van een dephlegmator en reductie van de druk op 1 atm, terug naar de zuigleiding van compressor (4).

(12) Dephlegmator. Deze dient om door acetyleen meegevoerde V.M.A. tegen te houden.

(13) Opslagtank voor de ruwe vinylmethylaether. Vanuit de derde ontgasser komt de vinylmethylaether in de tank, na reductie van de druk. De V.M.A. wordt opgeslagen onder een druk van 3 atm stikstof, daar het kookpunt laag is. De hoeveelheid, die per uur hierin komt bedraagt 2590 kg, waarvan 15% uit methanol bestaat. De methanol is niet hinderlijk en wordt dan ook niet verwijderd.

(14)Toevoerpomp voor vinylmethylaether. Deze transporteert de V.M.A. via een vloeistofmeter naar de hydrolysetoren. Per uur: 2590 kg of ongeveer 3500 liter.

(15)Hydrolysetoren. De hoogte is 10 m, de diameter 1.25 m. Druk in de toren is 2.5 atm. Beneden in de toren wordt een temperatuur van  $100^{\circ}$  onderhouden door een verwarmingsspiraal. De toren is gevuld met een 0.25%-ige oplossing van zwavelzuur. Boven uit de reactor gaat een mengsel van acetaldehyde, methanol, onomgezette V.M.A. en water, na reductie van de druk op 1 atm naar de destillatiekolom(17).

(16)Meetvat voor water. Het water wordt aangezuurd met zwavelzuur om de verliezen in de toren aan te vullen. Per uur wordt 1400 kg naar de toren gevoerd.

(17)Destillatietoren voor acetaldehyde. Hoogte 15 m, diameter 1.5 m. De toren is gevuld met Raschigringen. Een stoomspiraal houdt het mengsel beneden in de kolom op de kooktemperatuur. Het mengsel uit de hydrolysetoren(15) wordt op twee plaatsen in de kolom gesproeid, Voor completering van de hydrolyse sproeit men boven in de toren op twee hoogten aangezuurd water in. De toren is voorzien van dephlegmator, die door een regelmechanisme op  $30^{\circ}$  gehouden wordt. Hierdoor worden de hoger kokende producten tegen gehouden. Deze toren is dus geen zuivere destillatiekolom. De reflux is 5:1. De productie aan acetaldehyde bedraagt 1600 kg/uur.

(18)Meettankje voor aangezuurd water.

(19)Koeler voor acetaldehyde. Gevolgd door:

(20)Pekelkoeler voor acetaldehyde. Deze brengt het product op  $-5^{\circ}$ .

(21)Opslagtank voor acetaldehyde. Gekoeld wordt door middel van een spiraal, waardoor pekkel gepompt wordt. De tank is voorzien van een ontluchting voor oncondenseerbare gassen. Deze bestaat uit een gekoelde buis op de tank.

(22)Koeler voor het bodemproduct van (17). Het methanol/water mengsel, dat zuur reageert, wordt gekoeld om verdamping van methanol bij de hieropvolgende neutralisatie tegen te gaan.

(23)Neutralisatietank. Het mengsel water/methanol wordt zwak alkalisch gemaakt om de kleine hoeveelheden acetaldehyde te verharsen. De methanol mag geen aldehyd meer bevatten, daar anders de verharsing zou optrden in (3).

(24)Destillatiekolom voor methanol. Dit is een platenkolom, de hoogte is 10 m., de diameter 1.3 m. Reflux 2.5:1. Per uur vindt hier de scheiding plaats van 1600 kg methanol en circa 800 kg water. Het bodemproduct bestaat uit water en Na-sulfaat + hars. Een dephlegmator verzorgt de reflux.

(25)Koeler voor gedestilleerd methanol.

(26)Opslagtank voor methanol.

(27)Pomp. Deze pompt methanol naar (1) terug. Capaciteit van de pomp  $3\text{m}^3/\text{uur}$ .

(28)Rotameter. Deze regelt de hoeveelheid zuurstof, die aan de oxydatietoren toegevoerd wordt. De capaciteit is  $500\text{m}^3/\text{uur}$ . De zuurstof wordt geleverd uit een vat, waar het onder een druk van 4 atm staat. Per uur wordt  $460\text{m}^3$  van  $20^\circ$  en 1 atm geleverd, dit komt overeen met 580 kg zuivere zuurstof.

(29)Oxydatietoren. Deze bestaat uit twee delen: de eigenlijke oxydatietoren, hoogte 15 m, diameter 1.4 m en de kop, die drie meter hoog is en een breedte heeft van 2.5 m.

Via een vloeistofmeter wordt acetaldehyde uit (21) onder in de toren gevoerd. Het komt tezamen met de katalysator, gesuspendeerd in azijnzuur, in de zuigleiding van een pomp(35), die het mengsel onder in de toren brengt. Hoeveelheden: 1600 kg acetaldehyde/uur en 8 liter 20%-ige Mn-acetaat-oplossing in azijnzuur per uur. De toren is gevuld met azijnzuur, dat de reactiewarmte opneemt. De zuurstof wordt onder in de toren fijn verdeeld. Het azijnzuur heeft boven in de toren een temperatuur van  $70^\circ$  en gaat dan naar de koelers(34), die het weer op  $50^\circ$  brengen. Door pomp(35) wordt het gekoelde zuur weer onder in de toren gepompt. De hoeveelheid, die per uur circuleert, is  $240\text{m}^3$ . Het gevormde azijnzuur vloeit af vlak onder het brede gedeelte van de toren, per uur 2040 kg zuiver zuur + 2% onzuiverheden, tezamen 2120 kg/uur. Op bepaalde plaatsen in de toren zijn thermometers aangebracht om de temperatuur te kunnen controleren.

De kop van de toren bevat een laag Raschirings van 0.6 m dikte. Deze dient om meegevoerde vloeistof door de gassen, tegen te houden.

(30)Koeler voor de gassen uit de oxydatietoren. Lengte 3m, diameter 0.4 m. De gassen uit de toren bestaan uit zuurstof (de overmaat is ongeveer  $50\text{m}^3/\text{uur}$ ), de onzuiverheden uit de zuurstof (5%), acetaldehyde en azijnzuur.

(31)Vloeistofafscheider.

(32)Pekelkoeler voor de gasen uit (31). Deze heeft dezelfde dimensies als koeler (30).

(33)Vloeistofafscheider. De vloeistof uit dit apparaat gaat tezamen met die uit (31) terug naar de oxydatietoren via de koelers (34).

(34)Vier koelers voor azijnzuur. Deze zijn in serie geschakeld; het koelwater stroomt in tegenstroom met azijnzuur door de buizen; azijnzuur stroomt buiten langs de buizen. De koelers zijn voorzien van stoomaansluitingen, zodat bij het in bedrijf stellen van de toren het azijnzuur hierin voorgewarmd kan worden. De koelers worden na dit verslag berekend.

(35)Circulatiepomp. Deze verzorgt de stroming van het azijnzuur door de toren en koelers en pompt tevens vers acetaldehyde in het systeem. Capaciteit is  $300 \text{ m}^3/\text{uur}$ .

(36)Wastoren voor de uitlaatgassen. De gasen uit (33) worden hier gewassen met een zeer verdunde azijnzuuroplossing. De hoogte van de toren is 6 m, de diameter 0.5 m, de vulling bestaat uit Raschigringen (15 mm). Een pompje transporteert de wasvloeistof van onder uit de toren er weer boven in.

( $4 \text{ m}^3/\text{uur}$ ). De gewassen gasen verlaten hier de fabriek.

(37)Opslagtank voor ruw azijnzuur. Deze bestaat uit aluminium en kan  $25 \text{ m}^3$  bevatten. Het ruwe zuur bevat slechts 2% onzuiverheden, bestaande uit aethamal, Mn-acetaat en methylacetaat. Om stolling van het zuur in de winter tegen te gaan is de tank voorzien van een verwarmingsspiraal.

(38)Pomp voor ruw azijnzuur. Deze verplaatst 2130 kg ruw zuur per uur naar de destillatieinrichting.

(39)Warmteuitwisselaar. Het ruwe zuur gaat hier in 2 passages doorheen in uitwisseling met het "gestripte" zuur. Het heeft bij uittride een temperatuur van  $\pm 105^\circ$ .

(40)Stripper. Dit is een platenkolom; hoogte 15 m, diameter 1.2 m. Reflux 15:1. Aantal platen is 72 op 20 cm afstand van elkaar. Verwarming door middel van een reboiler: 2.5 m hoog, 0.5 m diameter. Voeding van de kolom op 40 cm boven de reboiler. Temp. beneden in kolom is  $125^\circ$ , boven in  $100^\circ$ . Destillaat 50 l per uur. Aftap aan gestript zuur 2100 kg/uur.

(41)Opvangtank voor destillaat.

(42)Destillatiesectie voor het destillaat van de stripper. Dit bestaat uit acetaldehyde, methylacetaat en azijnzuur.



De destillatiesectie bestaat uit 2 kolommen, ieder 5 m hoog en 0.25 m diameter, gevuld met Raschigringen. In de eerste wordt het destillaat gescheiden in azijnzuur en de lichtere fractie. Azijnzuur wordt teruggevoerd naar de stripper. In de tweede kolom wordt aceetaldehyde gescheiden van methylacetaat. Dit laatste is bodemproduct en wordt verzameld. Aceetaldehyde wordt teruggevoerd naar (29).

(43) Destillatiekolom voor zuiver azijnzuur. Het zuur onder uit de stripper gaat via de warmte uitwisselaar (39), die het met een temperatuur van  $\pm 80^{\circ}$  verlaat, naar kolom (43). Dit is een platenkolom van 10 m hoog en 1.2 m diameter. Reflux is 1:1. De reboiler is 2 m hoog en heeft een diameter van 0.7 m. Het aantal platen is 48. Ze bestaan, evenals bij de vorige kolom, uit V8A extra metaal. Toevoer bedraagt 2100 kg; destillaat 2080 kg. De condensor voor het destillaat is 3 m lang en 0.55 m hoog. Het destillaat wordt verder gekoeld in een kleine koeler.

(44) Koeler voor het bodemproduct van (43). Het bodemproduct dat voor  $\pm 50\%$  uit azijnzuur bestaat, wordt gekoeld en naar een destillatieketel gevoerd. Per uur is de afvoer  $\pm 40$  kg.

(45) Destillatiekolom voor het residu van (43). De destillatie is discontinu. De kolom is 5 m hoog, 0.25 m breed en is gevuld met Raschigringen. Het residu van deze laatste destillatie bestaat uit Mn-acetaat, water en andere onzuiverheden. Het destillaat is azijnzuur.

(46) Condensor voor zuiver azijnzuur. Behoort bij kolom (43).

(47) Opslagtank voor zuiver azijnzuur. Het zuivere zuur heeft een zuiverheid van minstens 99.5%. Per uur is de opbrengst: 2080 kg. Dit is 50 ton azijnzuur per dag.

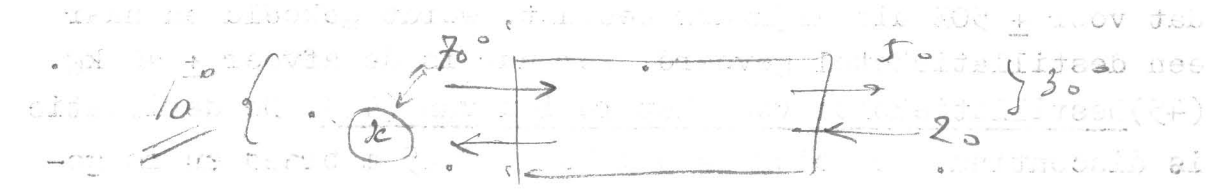
Opmerking: Alle apparaten, die in aanraking zijn met warm azijnzuur bestaan uit V8A extra metaal of ander bestendig materiaal.

*Herkomst  
van de gegevens  
hoogte:  $\Phi$  mm.*

gevoel van... (faded text)

(+8) Beschleuniging... (faded text)

(+4) Hoer... (faded text)



is... (faded text)

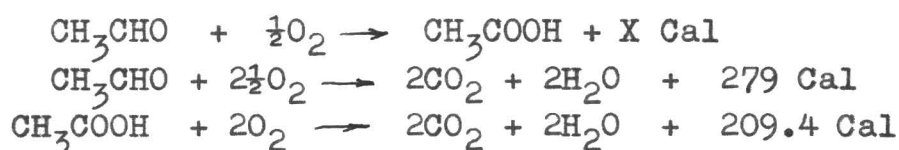
*Handwritten note:*  
 Het doet denken dat  
 de PC de...  
 temperatuur...  
 opmerking:...

... (faded text)

### Berekening van de koelers (34)

In het schema zijn vier koelers getekend. Bij de berekening bleek echter, dat dit aantal in verband met de buislengte niet voldoende is. We hebben dus een groter aantal koelers gevonden.

Berekening van de af te voeren warmte. Deze is gelijk aan de reactiewarmte, die vrijkomt bij de oxydatie van aceetaldehyde tot azijnzuur. Ze kan berekend worden met behulp van de wet van Hess; (uit de verbrandingswarmte van azijnzuur en aceetaldehyde):



Per grammol aceetaldehyde komt dus vrij: 69.6 Cal  
De totale vrijkomende warmte is:

$$\frac{1600.000}{44} \cdot 69,6 = \underline{2530.000 \text{ Cal/uur}}$$

Deze warmte wordt opgenomen door het circulerende azijnzuur. Soort. warmte azijnzuur: 0.524 Cal/kg; er circuleert 240 m<sup>3</sup>/uur soort.gew. 1000 kg/m<sup>3</sup>.

Temp.stijging van het azijnzuur is hierdoor:

$$2530/240 \cdot 1/0,524 = \underline{20^\circ\text{C}}$$

### Hoeveelheid koelwater.

Het te koelen azijnzuur heeft bij intrede van de eerste koeler een temp. van 70°. Bij uittrede uit laatste koeler 50°C. We nemen als begintemp. van het koelwater 20°C aan (zomer-temperatuur); als eindtemperatuur nemen we 60°C.

Door deze aannamen is de hoeveelheid koelwater bepaald:

$$2530/(60-20) = \underline{63 \text{ m}^3/\text{uur}}$$

### Aannamen betreffende de koelers.

Aan de hand van gegevens in BIOS 1052, fabriek te Höchst, maken we de koelers uit aluminium. Het zijn eenvoudige buizenkoelers en staan in serie. Water stroomt in de buizen in tegenstroom met azijnzuur, dat om de buizen stroomt. Door deze opstelling is er minder koelwater nodig dan hier berekend wordt, daar geen rekening wordt gehouden met de uitstraling aan de buitenkant van de koelers. De gevonden waarden liggen dus aan de hoge kant, wat betreft het koelend oppervlak.

Voor vereenvoudiging van de berekening berekenen wij de grootte van een koeler, die al de warmte afvoert, en delen daarna de gevonden lengte door een bepaald getal. Op deze

wijze wordt de lengte gevonden per koeler, die dezelfde diameter heeft als de grote koeler. De lengte van elke koeler is bepaald door de toelaatbare buislengte in verband met de sterkte(stijfheid) van het materiaal.

Verder zijn er geen schotten in de koelers en er is slechts één doorgang voor water en azijnzuur beide. De buitendiameter van de pijpen is 0.0317 m ( $1\frac{1}{4}$ " ), de binnendiameter 0.025 m.

#### Bepaling van het aantal buizen.

Uitgegaan wordt van de formule:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta t \quad (1)$$

Voor U wordt een waarde aangenomen van 175 Cal/hr. $^{\circ}$ C.m<sup>2</sup> (Deze waarde is niet willekeurig aangenomen; zij is gevonden na herhaalde doorrekenen van de koeler).

$$\Delta t = \text{logarithmisch temp.gemiddelde} = \frac{\Delta t_a - \Delta t_b}{\ln \frac{\Delta t_a}{\Delta t_b}}$$

$$\Delta t = \frac{30 - 10}{\ln \frac{30}{10}} = \frac{20}{2,31 \log 3} = \underline{18,2^{\circ}\text{C}}$$

$$Q = 2530.000 \text{ Cal}$$

Deze waarden ingevuld in (1) geeft A = 800 m<sup>2</sup>

De totale lengte van de buizen wordt gevonden uit A en het binnen ~~oppervlak~~ <sup>ontrek</sup> van de buizen; dit laatste is:

$$\cancel{d \times \pi \times 0,025^2} = \pi d = \pi \cdot 0,025 = \underline{0,0785 \text{ m}}$$

$$\text{De totale lengte } L = 800 / 0,0785 = \underline{10200 \text{ m}}$$

We bepalen het aantal buizen door eerst aan te nemen, dat alle water door één buis stroomt van 10200 m; zo wordt een zeer grote snelheid gevonden. Vul deze v in in de formule voor het Reynolds getal. Dit getal moet minstens 4000 zijn om turbulentie te krijgen in de buizen. We delen het verkregen zeer grote R-getal door 4000 en vinden zo het maximum aantal buizen.

$$v_g = 63 / 0,00049 = 128.000 \text{ m/uur}$$

$$R_e = \frac{v_g \cdot d \cdot \rho}{\mu}; \quad \rho = 1000 \text{ kg/m}^3, \quad \mu = 2.36 \text{ kg/hr.uur}$$

$$R_e = \frac{128000 \cdot 0,025 \cdot 1000}{2.36} = 1.360.000.$$

De ~~buislengte~~ is dus:  $\frac{1.360.000}{4000} = \underline{340 \text{ buizen}}$

Lengte van één buis:  $L/340 = 10200/340 = \underline{30 \text{ m}}$

#### Bepaling van de overall-coefficient U.

Deze bepalen we aan beide zijden van de koeler en nemen daarna het gemiddelde, dat overeen moet komen met de aange-

nomen U aan het begin van de berekening.

### Bepaling van $U_1$ .

Dit is de U, die geldt aan de kant van de koeler, waar het water instroomt en het azijnzuur de koeler verlaat.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_w} + \frac{d}{K} + \frac{1}{h_a} + \frac{1}{h_s}} \quad (2)$$

$h_w$  = filcoëfficiënt voor water

$h_a$  = " " azijnzuur

$h_s$  = factor tengevolge van vorming van ketelsteen in de buizen.

$d$  = de buisdikte

$K$  = de warmtegeleidingscoëfficiënt voor aluminium

Water: Voor h geldt de formule:

$$h_{\theta} = 0,0225 \frac{v^{0.8} \cdot \rho^{0.8} \cdot k^{0.6} \cdot c_p^{0.4}}{D^{0.2} \cdot \mu^{0.4}} \quad (3)$$

Deze formule geldt voor opwarmen. Hierin is:

$v = 378$  m/uur;  $t = 20^{\circ}\text{C}$ .

$\rho = 998$  kg/m<sup>3</sup>

$k = 0.515$  Cal.m/<sup>o</sup>C.uur.m<sup>2</sup>

$c_p = 0.999$  Cal/kg

$D = 0.025$  m

$\mu = 3.63$  kg/uur.m

Deze waarden ingevuld in (3) geeft:

$$h_w = 546 \text{ Cal/uur.}^{\circ}\text{C.m}^2$$

Azijnzuur. Voor koelen geldt de formule:

$$h = 0.0225 \frac{v^{0.8} \cdot \rho^{0.8} \cdot k^{0.6} \cdot c_p^{0.5}}{D^{0.2} \cdot \mu^{0.5}} \quad (4)$$

$t = 50^{\circ}\text{C}$ .

Daar ~~xxxxx~~ het azijnzuur om de buizen stroomt kan hier geen eenvoudige diameter gegeven worden. Als substituut nemen we de hydraulische diameter  $D_h$ . Deze wordt gedefinieerd als  $4 \times$  het oppervlak, waardoorheen azijnzuur stroomt gedeeld door de bevochtigde omtrek. We dienen dus te weten de straal (diameter) van de mantel. Deze wordt bepaald door de ligging van de buizen t.o.v. elkaar en hun buitendiameter.

Bij ligging van de buizen op een driehoekige steek van  $1\frac{1}{2}$ " vinden we in Downington's: Heat Transfer Equipment, pag 14:

Voor 340 buizen een buitendiameter:  $32'' = 0.81$  m.

Het doorgestroomde oppervlak:  $\pi D^2 - 340\pi d^2 = 0.254$  m<sup>2</sup>

De bevochtigde omtrek is:  $\pi D + 340 \pi d = 2.54 + 33.80 = 36.34 \text{ m}$

De hydraulische diameter is:  $\frac{0.254}{36.34} \cdot 4 = \underline{0.028 \text{ m}}$

Verder moet het Reynolds getal ook hier <sup>h<sub>a</sub></sup>minstens 4000 zijn.

De snelheid  $v = \frac{\text{doorstromingsopp. hoeveelheid}}{\text{doorstromingsoppervlak}}$ .  $v = 240/0.254 = 945 \text{ m/uur}$

Nemen we een viscositeit van 2.2, dan is  $R_e = \frac{945 \cdot 0.028 \cdot 10^3}{2.2}$

$R_e =$  ongeveer 12000, dus voldoende.

Berekening van  $h_a$ : De verschillende grootheden zijn:

$v = 945 \text{ m/uur}$ ;  $t = 50^\circ\text{C}$

$\rho = 1016 \text{ kg/m}^3$

$D_h = 0,028 \text{ m}$

$k = 0,1296 \text{ Cal.m/uur.}^\circ\text{C.m}^2$

$c_p = 0,515 \text{ Cal/kg}$

$\mu = 3.06 \text{ kg/m.uur}$

Ingevuld in formule (4) vinden we:

$$\underline{h_a = 315 \text{ Cal/uur.}^\circ\text{C.m}^2}$$

Voor de invloed van de ketelsteen in de pijpen kunnen we een tabel vinden in Perry's Chem.Engineer's Handbook, pag 981.

Voor hard water beneden  $125^\circ\text{F}$  is  $h_s = 330 \text{ B.T.U./hr.sq ft.}^\circ\text{F} = 1610 \text{ Cal/uur.}^\circ\text{C.m}^2$ .

Om  $U$  te kunnen bepalen moeten we nog de thermische geleidbaarheid van aluminium invoeren.

$K_{Al} = 0,49 \text{ cal.cm/sec.}^\circ\text{C.cm}^2 = 176 \text{ Cal.m/uur.}^\circ\text{C.m}^2$

$\delta =$  dikte wand  $= 0,0067 \text{ m}$ .

$\frac{\delta}{K_{Al}} = 0,000039$ ;  $\frac{1}{h_w} = 0,00183$ ;  $\frac{1}{h_a} = 0,00317$ ;  $\frac{1}{h_s} = 0,00067$

$$U_1 = \frac{1}{0,00183 + 0,000039 + 0,00317 + 0,00067}$$

$$\underline{U_1 = 176 \text{ Cal/uur.}^\circ\text{C.m}^2}$$

Bepaling van  $U_2$ .

Deze  $U$  geldt voor het gedeelte van de koeler, waar het azijnzuur binnenkomt met een temp. van  $70^\circ$  en het water de koeler verlaat met een temp. van  $60^\circ$ .

Eerst de bepaling van  $h_w$ . Het product van  $v$  en  $\rho$  is hetzelfde als bij  $20^\circ$ ,  $D$  eveneens. De andere grootheden zijn:

$k = 0,381 \text{ B.T.U./hr.sq ft.}^\circ\text{F/ft} = 0,533 \text{ Cal/uur.}^\circ\text{C.m}$

$c_p = 0,999 \text{ Cal/kg}$

$\mu = 0,469 \text{ centipoise} = 1,68 \text{ Cal/uur.}^\circ\text{C.kg/m.uur}$

Deze waarden ingevuld in formule (3):

$$\underline{h_w = 720 \text{ Cal/uur.}^\circ\text{C.m}^2}$$

Bepaling van  $h_a$  van azijnzuur bij temp. van  $70^\circ$ .

De grootheden, die veranderen, zijn:

$$k = 0,108 \text{ Cal.m/uur.}^\circ\text{C.m}^2$$

$$c_p = 0,533 \text{ Cal/kg}$$

$$\mu = 0,60 \text{ c.p.} = 2,16 \text{ kg/m.uur.}$$

Ingevuld in vergelijking (4) vinden we:

$$\underline{h_a = 333 \text{ Cal/uur.}^\circ\text{C.m}^2}$$

In Perry wordt gevonden voor  $h_s$  en temp. boven  $125^\circ\text{F}$ :

$$h_s = 200 \text{ B.T.U./hr.sq ft.}^\circ\text{F} = 977 \text{ Cal/uur.}^\circ\text{C.m}^2$$

$$\frac{d}{K_{Al}} = 0,000039.$$

Ingevuld in formule (2):

$$U_2 = \frac{1}{0,00139 + 0,000039 + 0,00300 + 0,00102}$$

$$\underline{U_2 = 183 \text{ Cal/uur.}^\circ\text{C.m}^2}$$

De gemiddelde overall-coëfficiënt  $U_0$  wordt gevonden uit:

$$Q = A \cdot \frac{U_2 \Delta t_1 - U_1 \Delta t_2}{\ln \frac{U_2 \Delta t_1}{U_1 \Delta t_2}} = A \cdot U_0 \cdot \Delta t$$

Hierin is:  $\Delta t_1 = 30$ ;  $\Delta t_2 = 10$ ;  $U_1 = 176$ ;  $U_2 = 183$

$$\text{Ingevuld: } \underline{\underline{U_0 = 180 \text{ Cal/ uur.}^\circ\text{C.m}^2}}$$

Dit is dus ongeveer de aangenomen waarde voor  $U$  aan het begin van de berekening ( $175 \text{ Cal/uur.}^\circ\text{C.m}^2$ )

De afmetingen van deze koeler zijn dus:

Lengte 30 m; diameter 0,81 m; aantal buizen 340.

~~Maarxxxx~~ We splitsen deze grote koeler in 7 kleine, waardoor we volgende einduitkomst krijgen:

7 koelers; lengte per koeler 4,5 m; diameter 0,81 m;

aantal buizen per koeler 340; buizen 31,7/25 mm O.D./I.D.;

Koelend oppervlak per koeler 114 m<sup>2</sup>.

*Logen eindtemp. water b.v.  $40^\circ\text{C}$*

*Men buizen (kan forse beter)*

*dus kortere kosten*

Literatuur.

BIOS F.R. 370 Aceetaldehyde

BIOS F.R. 742 Methylvinylaether

FIAT F.R.1080 Methylvinylaether

BIOS 1052 Acetic Acid

McAdams: Heat Transmission

Walker, Lewis, McAdams & Gilliland: Principles of Chem Eng.

Perry: Chem. Engineer's Handbook

Landolt-Börnstein: Phys. Chem. Tabellen

International Crit. Tables

Handbook of Chem. and Physics

Downington: Heat transfer equipment

28 Mei 1949.

P.J.M. Speckens

V. Leeuwenhoeksingel 24

Delft. Tel. 2282