

De Fabricage van Tantal.

A. H. Hoebstra.

Juni 1950.

Inleiding.

Het metaal Tantal wordt in de laatste jaren veel gebruikt in de chemische industrie als corrosie bestendig metaal.

De bestand tegen corrosie, vertoont veel overeenkomst met glas. Het is nl. niet bestendig tegen H₂O en zw. alkali.

Het voor deel broen glas is zij veel groter mechanische sterkte.

Het enige erts dat voor de fabricage van Tantal in aanmerking komt, is het tantaliet. Het tantaliet bevat altijd Niobium. Breekt het erts meer dan Niobium dan Tantal, dan heet het niobiet.

Als uitgangspunt hebben we het tantaliet uit West Australië gekozen, dat de volgende gemiddelde samenstelling heeft.

Ta ₂ O ₅	70%
Nb ₂ O ₅	12.5%
FeO	2%
MnO	12.5%
TiO ₂	1%
SnO ₂	1%
SiO ₂ Al ₂ O ₃ enz.	1.7%

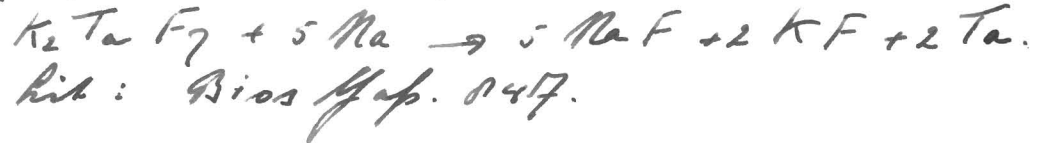
In 1944 bedroeg de prijs van dit erts 203 \$/lb

In 1944 bedroeg de wereldproductie 350 ton Ta.
De prijs was 143 \$/kg.

De productie van de door ons ontworpen fabriek is op een productie van 50 ton Ta per jaar gericht. Deze productie vertegenwoordigt op basis van gemiddelde prijs, een bedrag van ca. 1 \$ 7 miljoen.

Mit bestaande tape De
Mechanische
sterkte
verschillen
aankomst

a. Reductie met Na.



b. Electrolyse van K_2TaF_7 + Ta_2O_5 in een gesmolten KF KCl mengsel.
lit: Ind. Eng. Chem. 23 (1931) 643.

Ta_2O_5 kunnen we maken door hydrolyse van $Ta_2(SO_4)_5$, dat op zijn beurt gemaakt wordt uit $K_2TaF_7 + H_2SO_4$.
lit: Gen. Inst. Mining and Met. 129 (1942)

Wij hebben de electrolyse methode gekozen, omdat daarbij een grover poeder metaal poeder ontstaat, hetgeen door de metalurgische industrie geïmpreferred wordt.

- Wij hebben het proces gesplitst in:
- 1^o de bereiding van K_2TaF_7 uit dandeliet
 - 2^o de verwerking van K_2TaF_7 tot Ta poeder.
- Het 1^o deel is behandeld door de heer H. Bol.

Beschrijving v.d. geschiede fabriek.

Het eerste deel v.d. fabriek levert per uur 12,075 kg droog K_2TaF_7 af.
Bij de electrolyse willen we gelijke gewichten delen K_2TaF_7 + Ta_2O_5 verwenden.
(Ind. Eng. Chem. 23 1931 673.)

We moeten daarom eerst een deel v.b. K_2TaF_7 ontsluiten met H_2SO_4 .

Bij het ontsluiten ontstaat H_2F . We moeten de H_2F damp onschadelijk maken door:
a. absorberen in H_2O of afval loof.

b. Condenseren en in het bedrijf terug staren.
Met economische overwegingen zijn we tot het laatste besloten.

Men ontslaat bij het ontsluiten van het K_2TaF_7 2,96 kg H_2F streekt we in het 1^o deel 7 kg nodig hebben (alles per uur)

Gebuit CaF₂?

Worst HF technisch
Drs. J. J. van der
Kamp

Bakketil
met stooms.

De met bekende 4,04 kg zullen we maken uit
CaF₂ + H₂SO₄.

App. no 1. Hierin wordt CaF₂ met gew. H₂SO₄
behandeld. De ontst. bakketil is voorzien
van een langzaam roterend roerwerk.
De ketil moet bestend zijn tegen HF en H₂SO₄
en wordt uit gevond van Cu Ni alloy 70/30.
De ontst. bakketil moet ver. warmd kunnen
worden en is daartoe in een 2^e ketil geplaatst.
Hierin bevinden zich elektrische verwarmings-
elementen en ~~een~~ down thermometer. De condensende
roer therm levert de benodigde warmte aan
de ontst. bakketil. De methode van ver-
hitten heeft dit proef voor doel, dat de goed-
ke regelin is, zo dat we een constant stroom
HF kunnen afvoeren.

De grootte v.v. ketil kunnen we als volgt
bepalen.

We willen 4,04 kg HF produceren.



Therv. maken we toevoegen:

$$\frac{4.04}{2 \times 20} \times 98 = 9.9 \text{ kg H}_2\text{SO}_4$$

$$\text{en } \frac{4.04}{2 \times 20} \times 78 = 7.9 \text{ kg CaF}_2$$

We nemen een overmaat H₂SO₄ n.b. 20 kg 98%
en een kleine overmaat CaF₂ n.b. 0.5 kg.

Hierin we een ketil met een inhoud van 20 l
kan is dit ruim voldoende.

CaF₂ en H₂SO₄ worden boven door een
nij vjde afslijder, voorzien v.v. trechter,
in gevond.

CaSO₄ en de overmaat H₂SO₄ wordt met
water uit de ketil gespoeld en gaat naar
een afval put. Met stoom wordt de ketil
droog geblazen en een volgende charge kan
blowt worden.

Met in drijven v.v. HF moet geschieden in:

$$\frac{4.04}{7} \times 60 = 35 \text{ min. Voor eenigen drogen en}$$

zullen res dert 25 min.

g

Opp. no 2.

In deze ketel wordt K_2TaF_7 met H_2SO_4 90% ontsloten. De uitvoering en methode zijn gelijk als bij de vorige.

De vraag die zich hier voordoet, is, hoeveel K_2TaF_7 moeten we ontsluiten, op dat we gelijke gewichts how. Ta_2O_5 - K_2TaF_7 krijgen.

Dit vinden we als volgt:



$K_2TaF_7 \quad 391.9$

$Ta_2O_5 \quad 441.0$

We ontsluiten x kg. K_2TaF_7 .

Er blijft over: $12,375 - x$ kg

en er ontstaat: $\frac{441.0}{2 \times 391.9} \times x$ kg Ta_2O_5 .

$\frac{441.0 \times x}{2 \times 391.9} = 12.075 - x \quad x = 0,105 \text{ kg.}$

Bij het hebben we aangenomen, dat er geen Ta_2O_5 verloren gaat bij de hydrolyse en filtratie

De proef v.d. ketel berekenen we als volgt:



De theor. benodigde how. H_2SO_4 bedraagt:

$3 \frac{1}{2} \times 0,105 \times \frac{98}{90} = 7.09 \text{ kg.}$

We nemen een 391.9 overmaat v.d. is 15 kg 90% en ketel van 20 l. is dus ruim voldoende.

Gez het ontsluiten ontstaat:

$\frac{14}{2} \times \frac{20}{391.9} \times 0,105 = 2.96 \text{ kg HF.}$

Het ontsluiten moet geschieden in:

$2.96 \times 60 = 45 \text{ min.}$ Voor het legen, schoonmaken en vullen, resp. 35 min.

Opp. no 3.

In tegenstelling tot de ketels 1-2, die in batch werken, is het de sprake dat de koeler continue werkt.

Ketel, enz. worden in bewerking afgevoerd en met rodding, dat we een zo goed mogelijk constante stroom af krijgen.

Via een afvoerleidingen komt de damp eerst in een spat van ger, waar een smel mee.

gestuurde wavel van deeltjes worden afgescheiden.
 Vervolgens komt de damp in een buis koeler.
 Deze koeler bestaat uit twee concentrische buizen,
 waarvan de binnenside met pek is
 geboeld wordt.

De stomeleidingen, spatvanger en koeler
 worden uitgevoerd van Cu-Ni alloy 70/30.
 We hebben ons afgevraagd, of als koeler medium
 geen verdampende ammoniak gebruikt kon
 worden. Wij zijn hiertoe niet overgegaan,
 omdat er dan de roereisen gesteld worden
 aan het materiaal v.d. koelbuis.

Cu Ni gasfijste
 laterandijheid te p-NK3
 (4) menging p-Ni 04

App. 4. Het hydrolysevat bestaat een een
 stalen (Stain less 35) vat van ca 300 l.,
 waarin v.c. roerwerk.

In het vat begint rijk 250 l. kokend water,
 waarin het $Ta_2(SO_4)_5$ H₂SO₄ tot 50% mengsel
 in wordt uitgevoerd.

Na het uitgiden loopt men nog 10 min op door
 stoom in de blaren.

Het $Ta_2(SO_4)_5$ hydrolysevat volkomen tot
 het oplossen van $Ta_2O_5 \cdot 5H_2O$.

App. 5. Een handred pomp pumpt de nog warme
 suspensie naar de filterpers.

De pomp is van staal (Stain less 35) uitgevoerd.

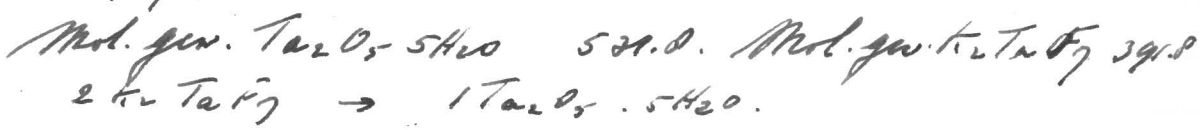
App. 6. Voor de filterpers hebben we een kleine
 platen pers, labriekast Haba, gekregen.
 Het de platen v.d. kleinste pers hebben
 nog een afmeting 47 x 47 cm.

Het totaal filterend opp. per plaat
 bedraagt $2 \times 47^2 = 44 \text{ dm}^2$.

De pulpen 2 platen getrainken met een totaal
 opp. van $\times \frac{80}{100} \text{ dm}^2$.

We maken af te rekenen:

$$\frac{531.0}{2 \times 391.9} \times 0.105 = 5.50 \text{ kg } Ta_2O_5 \cdot 5H_2O$$



Gen Am² filter opp. retich af $\frac{5500}{90} = 6.24$ g loek.
 sp. koek 7,3.

Lichte koek: $6.24 = 100 d \times 7.3$. $d \approx 0.9$ mm.

In dien be de filtratie in 25-40 min kunnen
 uit voren, dan is een by dro lye sat voldoende.
 Als de constructie materiael passen we stant
 (stein less 25) doe.

Het filter koek moet van een zeer bestendige
 vezel gemaakt zijn.

Opp. 7. In de droogoven fabr. Surface Comb. Co.
 cat. no 227 ball. 6, wordt het $Ta_2O_5 \cdot 5H_2O$
 eerst voor gedroogd en dan slote bij 70°C ge-
 gluisd tot het Ta_2O_5 .

De oven wordt met gas verhit. De vlammen
 spelen over los op gestapelde van vaste stenen
 voorop de van vaste stenen bak is geplaatst, die
 het te gluisen Ta_2O_5 bevat.

De hete rook gasen worden benut om in een
 nabijgelegen gelegen stage het $Ta_2O_5 \cdot 5H_2O$ voor te
 drogen.

De van vaste stenen bakken hebben een binnen-
 afmeting van 20×25 cm.

De laag die te de bedroogt:

$$d \times 20 \times 2.5 \times 7.3 = 5.5. \quad d = 1.4 \text{ cm.}$$

Een bak is voldoende om de van productie te
 bevatten.

We kunnen dus, van voor drogen en van gluisen.

We kunnen per van af:

$$\frac{441.0}{2.391.9} \times 0.105 = 4.57 \text{ kg } Ta_2O_5.$$

De electrolyse v. h. Ta_2O_5 - te TaF_7 .

Ta_2O_5 - te TaF_7 worden bij 750°C opgelost
 in gemolten $CaCl_2$ - CaF_2 .

De electrolyse wordt uit gevoerd in een ni pot,
 die devens als kathode langert. Als anode
 doet een koolstaaf dienst.

We zullen eerst van nagaan, wat er bij de
 electrolyse gebeurt.

Kirkm Braat, Trans. Chm. Soc. 70 (1920) 231

Met een
 water en
 prens)

Wilt?

Steen
 filters

hebben de ontledings spanning van KCl , K_2TaF_7 -
 Ta_2O_5 reeds bepaald.

Hij kwam tot de conclusie, dat bij een lage
lading K_2TaF_7 ontleedt, doch dat bij hogere
spanning Ta_2O_5 ook gaat ontleden.

Werkt men met een lading van $2,5V$,
dan reducteert men K_2TaF_7 en Ta_2O_5 .

Men kan zich afvragen, waarom men niet
reduceren K_2TaF_7 elektrolytisch reducteert.

Dit geschiedt daarom niet ^{om} dat er dan een anode
effect optreedt. Door de koolstaaf wordt niet
meer door de elektrolyt bevochtigd. Er ontstaat
een gasfilm om de koolstaaf, waarin lichtbogen
gevoelbaar worden. Het stroomrendement wordt
hierdoor zeer ongunstig beïnvloed.

De gegevens hebben daal hebben lab. proeven
betreffende de elektrolyse uitgewerkt.

De volgende resultaten ontbreken nu bij de
volgende samenstelling:

KCl 200 g. KF 280 g. K_2TaF_7 100 g. Ta_2O_5 100 g.

Wanneer de elektrolyse werd toegevoerd:

100 g K_2TaF_7 en 100 g Ta_2O_5 (reeds verbruikt)

200 g KF en 400 g KCl reeds verdamping.

Na 4 h. elektrolyse was 226 g Ta gevormd.

Als reductieproducten ontstonden de gassen:

CO_2 en CO F_2 en Cl_2 .

In welke mate het F_2 met gesmolten KCl zal
reageren is niet bekend.

In elk geval moet de elektrolyse in een afsluiting
inrichting geplaatst worden en moeten de
kathoden met water onschadelijk gemaakt
worden.

Wanneer we aannemen, dat evenveel Ta_2O_5 als
 K_2TaF_7 gereed is, dan blijft het er af
 Ta_2O_5 en K_2TaF_7 is ongereed:

$$g = \frac{2 \times 200 \cdot 9}{441,0} + \frac{280 \cdot 9}{391,0} = 226 \rightarrow g = 176 g$$

De afkolven wordt het Ta -roest mengsel in
een roest hamer met een gemalen. Het roest
wordt van het metaal af getrokken.

Het metaal is nu. Tijdens de elektrolyse niet gesmolten
en wordt als poeder afgevoerd. F_{Ta} 2850°C.

Leads de reden?
komst hint opgegeven.

Per welke tijd?
Per 4 1/2 h.

De bron verwerkt 1 lot:

$0.0 - 0.72 = 5.28$ by Ta_2O_5

~ 5.20 by K_2TaF_7 .

De bron moet verwerkt worden

$0 \times 4.57 = 20.42$ by Ta_2O_5

20.71 by K_2TaF_7 .

We hebben nodig $\frac{26.42}{5.20} = 5$ lotten.

We nemen echter 0. ... een voor reserve.

Ta prod. reserve. $\frac{180.9}{591.9} \times 12.075 = 5.06$ by.

App. 9. Het absor.

We mogen de afgeven, die $Cl_2 - F_2$ bevatten niet zonder meer absorberen. De gassen worden door een schakel in een speciale absorptie van gevond, waarin we afrek loof met het ... dat v.d. Licht proporen.

De soun is van binnen met esfelt bepleist.

App. 10. Na afkoken v.d. fossen wordt de inhoud in een kamermolen te met lucht verhouding gestort.

De kleine de molen, Labr. Raymond ont. 248 heeft voor dit doel nog een out de grote capaciteit. en in inden middelen in bedrijf.

App. 11. De ronten worden in linnen zakken rapken verzameld. Voor een hefboom stelsel kunnen deze zakken niet gelicht worden. en de ronten bevonden afgevoerd.

De ronten worden geanalyseerd, gesap pleurd en heren in het bedrijf terug.

App. 12. Op een Wildt by dezel worden de laatste port vanden v.d. Ta powder verwijderd.

En Wildt by dezel bestaat uit een geisbeld vlak het in de lengte richting der is stels wark en in de richting ... Daarop out sterker heldt. Chem Eng. Sept 1948. 52.

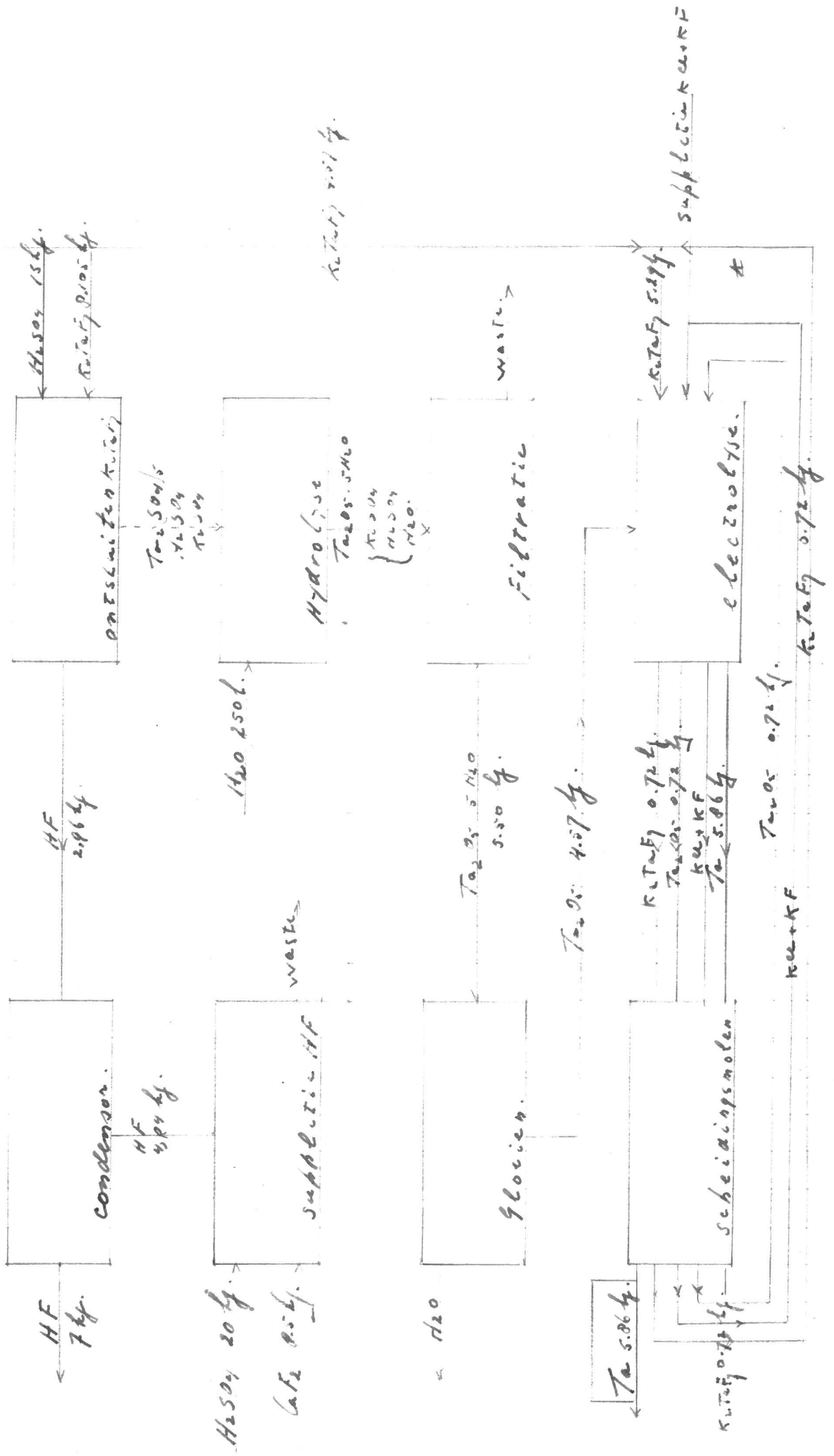
De dezel krijgt een in de lengte richting der is stels vullende beweging.

Het Ta powder wordt met water op de dezel

Waarom wordt het door de toppe
lost
Om meerrendel terug
te krijgen.

Material balance per run.

K₂TaF₇ 12.675 g.



Berekening v.e. condensor voor fluorwater-
stofruim.

Ontwerp.

toekomst
Antwoord
(keem, verlies, en
prijzen)

De vollen HF damp condensen in een con-
centrisch buisensysteem.

De binnen buis wordt met pekel gevuld,
en de damp stroomt in de gasstroom langs
deze buis.

Koelbuis en mantel zullen we uitvoeren
van Cu/Ni alloy 70/30. Dit materiaal heeft
een thermische geleidbaarheid: $k = 17 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{F}$

Capaciteit.

De vollen met de te ontwerpen condensor
per uur of te verdragen HF damp condensen.
We nemen aan, dat de dampstroom regel-
matig is.

Koelend medium.

Hiervoor gebruiken we een NaCl opf.

$d = \frac{1}{15}$ 1.14 De
De pekel komt bij -10°C in de condensor
en verlaat deze bij -5°C .

De pekel bevat 5 li b, en in de buisruimte heeft
een niet afrekening plaats. Als "scale depo-
sit" factor hebben we 500 genomen.

Opmerking.

Aan de buisruimte hebben we een glasman,
dat geen veronting opstreekt.

Een korte theoretische beschouwing.

De moeten eerst de binnen diameter van
de koelbuis gaan bepalen.

De pekel moet een voldoende viscositeit hebben,
dat het de geleidbaarheid is dan $\frac{3200}{(2 \cdot 4000)}$, bovendien
niet veel groter, dan α dan de capaciteit
van de pekel pomp ook afgewogen moet worden.

4000

Mit de hoeveelheid HF die per uur condenseert
worden, en uit de condensatie warmte,
vinden we de hoeveelheid warmte die afgewogen
moet worden.

Deze hoeveelheid warmte neemt de pekel op
en is dan gelijk aan de temp. stijging \times de pekel
 \times de soort. warmte pekel \times hoeveel. pekel.

de toe-
van de toe-
de toe-

(1) $Maas: Re = \frac{D \cdot \mu}{\rho}$ D diameter in ft.
 μ mass velocity in lb/hr ft²
 ρ viscosity in lb/hr ft

(2) $f = \frac{w}{s}$ w howelheid pikel in lb.
 $s = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot \rho$ = 39. ft.

(3) $Re = 4000$ $Re = \frac{4w}{\pi D \mu} \approx 4000$

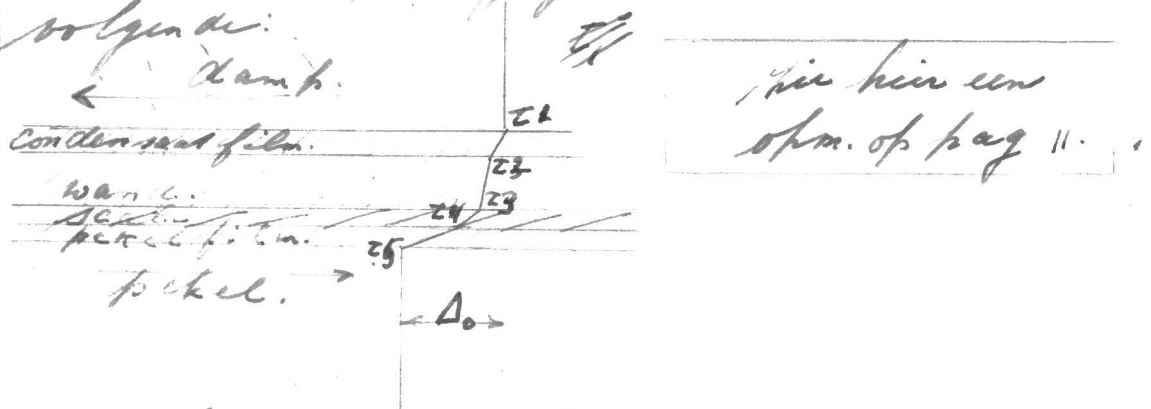
Vergl. 3. levert een maximale pijp diameter.

Hiernaast

Mit handelsmeten kiezen we een diameter type dat hier aan voldaan is, maar dat anders dan een constructieve eis is voldaan, nl. dat de vordichte caemm bedraagt.

Vervolgens gaan we de lengte van het bad een stukje bepalen.

Schematisch voorgegeven hebben we het volgende:



De how. warmte Q , die per tijd eenheid door een oriëntig klein stukje v.d. condensatiefilm gaat, is gelijk aan $Q = h_v \cdot dA_1 \cdot (T_1 - T_2)$. We beschouwen een stukje van de buitenkant dezelfde howelheid Q gaat ook door het met dA_2 corresponderende oppervlak van de wand, van de scale laag en van de pikel film.

$$Q = h_v \cdot dA_1 \cdot (T_1 - T_2) = \frac{h_w}{\Delta s} \cdot dA_2 \cdot (T_2 - T_3)$$

$$= \frac{h_s}{\Delta s} \cdot dA_3 \cdot (T_3 - T_4) = h_p \cdot dA_4 \cdot (T_4 - T_5)$$

In deze vergl. neemt men h de film coeff. riant $h_w = h_s$ is de therm. geleidbaarheid van wand resp. scale.

Als d_0 is de dikte van wand resp. scale laag.
 Eliminieren we in deze vgl. $\epsilon_2 \epsilon_3 \epsilon_4$
 in vergelijkingen van $\epsilon_1 - \epsilon_5$ door d_0
 dan vinden we:

$$\epsilon_0 = \frac{d_0}{h_1 d_1} + \frac{d_0}{h_2 d_2} + \frac{d_0}{h_3 d_3} + \frac{d_0}{h_4 d_4}$$

(41) of $d_0 = \frac{\epsilon_0}{\frac{1}{h_1 d_1} + \frac{1}{h_2 d_2} + \frac{1}{h_3 d_3} + \frac{1}{h_4 d_4}}$

We voeren nu in de overall coeff. U .
 Deze grootte is of te zeggen als een
 thermische geleidbaarheid per opp. eenh. per $1^\circ C$.
 en wordt gedefinieerd door:

(42) $\frac{1}{U d_0} = \frac{1}{h_1 d_1} + \frac{1}{h_2 d_2} + \frac{1}{h_3 d_3} + \frac{1}{h_4 d_4}$

(43) Subst. in (41) geeft $d_0 = U d_0 d_0$

Op de vorige pag. hebben we het opp. d_0
 ingevoerd. Het gezicht kunnen we
 zien voor kiezen een klein cylindrisch
 met inn. diam. D en uitw. diam. $D + 2L$
 de lengte L h. cyl. is L .
 De in de buiten ϵ_2 v.d. hoel bias.
 L is de dikte v.d. condensaat film.
 Van deze cyl. nemen we het "gemiddeld"
 opp. d_0 gelegen tussen binnen en buiten opp.
 v.d. cyl. als volgt d_0 .
 Het gem. opp. is gedefinieerd als
 $\frac{\text{binn. opp.} - \text{inn. opp. vlak}}{\ln \frac{\text{binn. opp.}}{\text{inn. opp.}}}$

$$d_0 = \frac{\pi (D + 2L) - \pi D}{\ln \frac{(D + 2L) \pi D}{D \pi D}}$$

Men is $L \ll D$.
 Verder is bekend dat: $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x}{\ln \frac{a+x}{a}} = a$.
 $d_0 = \pi D d_0$

De film coeff. hv. aan de dampzijde
 berekenen we met de behulp v.d. formule

$$\frac{h_v D}{k_f} = 0.73 \sqrt{\frac{2 g \rho_f D^3}{k_f \mu_f \Delta}}$$

Hierin is:

- D diam.
- k_f thermische geleidbaarheid v.H.F.
- ρ_f de dichtheid v. H.F.
- μ_f de viscositeit v. H.F.
- g de condensatie warmte / gewichts eenheid.
- Δ de versnelling v.d. vloeistof.

$\Delta = t_v - t_{w_1}$
 t_v de temp. v.d. verzadigd de damp.
 t_{w_1} de temp. v.d. wand (aan de dampzijde)
 $t_f = \frac{t_v + t_{w_1}}{2}$

De film coeff. hv. aan de vloeistofzijde wordt
 gegeven door:

$$\frac{h_p}{c_p \mu_f} \left(\frac{c_p \mu_f}{k_f} \right)^{2/3} = 0.23 \left(\frac{D g}{\mu_f} \right)^{-0.2}$$

Hierin is:

- c_p de soortelijke warmte v.d. pekel.
- μ_f de massa smeltk. = $\frac{W}{s}$
- W de how. pekel per uur.
- s oppervlakte v.d. doorsnede v.d. pekelbroom.
- μ_f de viscositeit.
- k_f de therm. geleidbaarheid.
- D de diam.

$t_f = \frac{t_{w_2} + t_p}{2}$
 t_{w_2} de wand temp. aan de pekel kant.
 (in ons geval de temp. v.d. scale laag
 aan de pekel kant.)
 t_p de temp. v.d. pekel.

Het verloop v.d. berekening.

We nemen een temp. t_{w_1} en t_{w_2} aan.
 Deze aanname levert ons een h_v en h_p .
 Insubstitueerd in (4) vinden we een h , die
 behoort bij t_{w_1} en t_{w_2}

Ma moet echter steeds voldaan worden aan de voorwaarde, dat:

$$\frac{\frac{1}{h_v} \frac{d\alpha_1}{d\alpha}}{d\alpha} \times \Delta_0 = T_v - T_w,$$

en $\frac{1}{h_p} \frac{d\alpha_2}{d\alpha} \times \Delta_0 = T_w - T_p.$

Door "proberen" worden nu dit min of meer bereikt.

De berekening.

Hoewelheid per uur.

De berekening is gevonden in het Engels een heel stukje.

Per uur condenseert $\frac{7}{0,4536}$ lb H.F.

Verd. ruimte 373 Cal_{1 kg} = $\frac{373}{1,800}$ B.T.u./lb.

Per uur moet afgevoerd worden:

$$\frac{7}{0,4536} \times 373 \times 1,800 = 10370 \text{ B.T.u.}$$

Wanneer 1 lb. pekel van 14° tot 23° i in temp. stijgt neemt daar how. op:

$$1 \times 0,815 \times 9 = 7,335 \text{ B.T.u.}$$

Low. Na d. op. d. 1,14 = 0,815

De hebben per uur nodig $\frac{10370}{7,335} = 1414$ lb

pekel nodig. Het min Gr. getal moet ≈ 4000 zijn (aan waar van de pekel het kondenseert).
 Gr. getal I geeft $\mu = 3,40$ c. Poise bij 14° F
 $\mu = 3,40 \times 2,42$ lb/m. ft.

$$Re = \frac{Dv}{\mu} = D \frac{1414}{\frac{\pi}{4} D^2 \times 3,40 \times 2,42} \approx 4000$$

$$D \approx 0,055 \text{ ft} \approx 0,658 \text{ inch.}$$

$$\Delta = 67 - t_w,$$

$$t'f = \frac{67 + t_w}{2}$$

Grafiek II geeft ρ_f of ρ_f als functie van $t'f$.

De grafiek III hebben we h_v als functie van $t'f$ weer te geven.

De volgende

$t'f$	Δ	h_v
67	14	1490
66	11	1600
64	8	1750
62	6	1870
62	4	2130
61	2	2540

$$= 0,023 \left(\frac{\rho_f}{\mu_f} \right)^{-0,2}$$

voor:

tot een constante

the. s. v. $^{\circ}F/15$.

ρ_f in lb/ft^3 .

Grafiek IV geeft ρ_p als functie van t_w .
A. p. voor de pekel en damp van $14^{\circ}F$ heft.

We kiezen als hoelbois: $7/8$ " no 12.
 \bar{L} inn. = $0,657$ "
 \bar{L} midt = $7/8$ "
 vandrette $0,109$ "

1 cb. ft. pekel veegt:
 $1,14 \times 0,9991 \times 10^3 \times 0,0624 = 71,067$ lb.
 Gen. sec. gaat door en doorsnede:
 $\frac{1414}{3600 \times 71,067} = 0,00552$ cb ft.

Stoff. ve. doorsnede is $\frac{0,3390}{144}$ sq. ft.

De gem. stroom snelheid = $\frac{0,00552}{\frac{0,3390}{144}} = 2,35$ ft/sec.

Berekening van h_v .
 In form. 9) $\frac{h_v D}{h_f} = 0,73 \sqrt{\frac{2g P_f^2 D^3}{h_f \mu_f \Delta}}$

komen de volgende constanten voor.
 $D = \frac{0,657 \times 0,075}{12}$ ft.

$\Delta = 373 \times 1,8$ B.T.U./lb.

$g = 4,18 \times 10^8$ ft/hr²

Verder hebben we μ_f , als functie van h_f , uitgedrukt in c. Poise.

μ_f in c. poise $\times 2,42 = \mu_f$ in lb/hr. ft.

P_f hebben we, als functie v. t. f. $\frac{1}{L}$, uitgedrukt in h_f/dm^2

P_f in $h_f/dm^2 \times 10^3 \times 0,0624 = P_f = lb/cb ft.$

We krijgen:
 $h_v = 0,73 \sqrt{\frac{373 \times 1,8 \times 4,18 \times 10^8 \times (0,657/12)^3}{2,42 \mu_f \Delta \frac{0,875^2}{12}}}$

$h_v = 6476 \sqrt{\frac{P_f^2 h_f^3}{\mu_f \Delta}}$ B.T.U./hr. sq. ft. °F

als functie van temp. n. 25°F heeft.
 met behulp van de
 methode.

u _f	h _f	h _p
6,60	0,202	299
6,46	0,203	305
6,34	0,203	307
6,15	0,204	312
5,93	0,206	319
5,70	0,207	325.

$$\frac{u_{f,23} + 23}{2} \text{ } ^\circ\text{F}$$

met de ringprofiel

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{k_2} \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{k_3} \frac{d_3}{d_1} + \frac{1}{h_4}$$

$$d_1 d_3 = \pi D_i dL$$

$$d_1 d_4 = \pi D_i dL$$

$$2,5 \log \frac{\pi D_i dL}{\pi D_i dL}$$

- $D_i = 0,657 \text{ inch.}$
- $D_o = 0,875 \text{ "}$
- $d_w = 0,109 \text{ "}$
- $k_w = 17 \text{ B.T.U./hr. sq. ft. } ^\circ\text{F/ft.}$
- $k_s / d_s = h_s = 500. \text{ B.T.U./hr. sq. ft. } ^\circ\text{F}$

$$D \log_{\text{gem}} = \frac{0,875 - 0,657}{2,5 \log \frac{0,875}{0,657}} = 0,766 \text{ "}$$

M₁ T pekel 14° F.

$\bar{E}W_1$	$\bar{E}W_{2/4}$	$\frac{1}{\mu_1}$	$\frac{1}{h \nu \Delta u/D_1}$	$\frac{1}{h \nu}$	$\bar{E}W_1$	$\bar{E}W_2$
aan gesamen.					berkend.	
60	40	$6216 \cdot 10^{-6}$	$417 \cdot 10^{-6}$	$3240 \cdot 10^{-6}$	64.4	42.6
64	42	$6092 \cdot 10^{-6}$	$323 \cdot 10^{-6}$	$3310 \cdot 10^{-6}$	64.2	42.8
<u>64.2</u>	<u>43</u>	$6078 \cdot 10^{-6}$	$319 \cdot 10^{-6}$	$3300 \cdot 10^{-6}$	<u>64.2</u>	<u>42.9</u>

M₂ T pekel 23° F.

$\bar{E}W_1$	$\bar{E}W_{2/23}$	$\frac{1}{\mu_2}$	$\frac{1}{h \nu \Delta u/D_2}$	$\frac{1}{h \nu}$	$\bar{E}W_1$	$\bar{E}W_2$
aan gesamen.					berkend.	
60	40	$6081 \cdot 10^{-6}$	$417 \cdot 10^{-6}$	$3205 \cdot 10^{-6}$	64	46.6
63	46	5940	351	3120	64.4	46.2
64	46	5912	323	3130	64.6	46.3
65	46	5885	296	3130	64.0	46.4
<u>64.7</u>	<u>46</u>	5893	304	3120	<u>64.0</u>	<u>46.4</u>

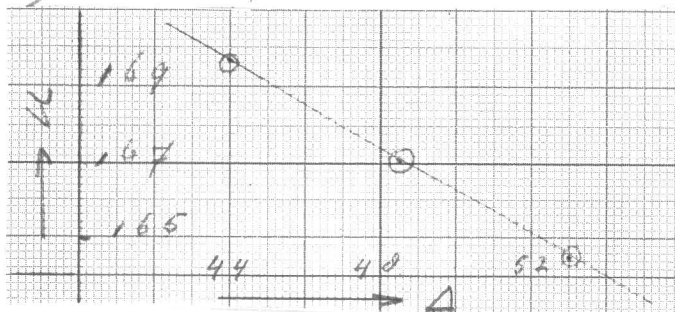
Ter controle berkend an M bij een pekel temp. van 19.5° F.

$\bar{E}W_1$	$\bar{E}W_{2/19.5}$	$\frac{1}{\mu_m}$	$\frac{1}{h \nu \Delta u/D_1}$	$\frac{1}{h \nu}$	$\bar{E}W_1$	$\bar{E}W_2$
<u>64.5</u>	<u>44.5</u>	$5905 \cdot 10^{-6}$	$209 \cdot 10^{-6}$	$3220 \cdot 10^{-6}$	64.5	<u>44.7</u>

Als hebben gevonden:

$\frac{1}{\mu}$	$6078 \cdot 10^{-6}$	$5893 \cdot 10^{-6}$	$5905 \cdot 10^{-6}$
u	164.5	169.7	167.1
Δ	58	44°	48.5°.

Als hebben we M niet gezien & dan vinden we een rechte.



Als kunnen dus vergel:

Bij welke temp
 erkend met M₁?
 (19.5°)

met betreft van 21 volgh:

in $t_m = t_v - t_w$
 7 mals
 2 h³ B.L. 4
 f d. m. 9/2

h _v
1650
1740
1860
2000
2500

De verz. gem.

h _v	t _w
07.420	
24/	46.4

$M_1 = 109.5$ B.L. $M_2 = 109.5$
 $\Delta_1 = 53$ B.L. $\Delta_2 = 44$ B.L.

$$\frac{Q}{A} = \frac{M_1 \Delta_2 - M_2 \Delta_1}{M_1 \Delta_1 - M_2 \Delta_2}$$

$\frac{0.370}{A} = 0.167$ $A = 2.22718 \text{ ft.}^2$

5 m ft. length is hot beam opp. 0.17200 ft.
 de length v. h. stiel bedraagt: $\frac{1.227}{0.370} = 7.33 \text{ ft.}$

Op het linker end word is heft over position
 met de sannaam gem. in de g. h. d.

Prin. Principles of Chem. Eng. Walter Revin co. N.Y. '37
 Chem. Eng. Handbook M.T. '41
 1st edition to heat transp. Brown - Mars
 Ind. Eng. Chem. 20 (1948) 1855. N.Y. '33

$$\frac{Q}{A} = \frac{M_1 \Delta_2 - M_2 \Delta_1}{2,3 \log \frac{M_1 \Delta_2}{M_2 \Delta_1}} \quad \text{soepassen.}$$

$$Q = 10370 \text{ B.T.U.}$$

$$\frac{10370}{A} = \frac{164,5 \times 44 - 169,7 \times 53}{2,3 \log \frac{164,5 \times 44}{169,7 \times 53}} = 0175.$$

$$A = 1.27 \text{ sq. ft.}$$

Per ft. lengte in het binnen opp. 0,172 sq. ft.
De lengte bedraagt: $\frac{1,27}{0,172} = 7,30 \text{ ft.}$

Aan de binnen diam. v.d. buiten bin worden
geen bepaalde Eisen gesteld.

Deur diam. mag echter niet zo klein worden,
dat de stoisstof, die zich hierin verzamelt
de geleiding erg gaat rukken.

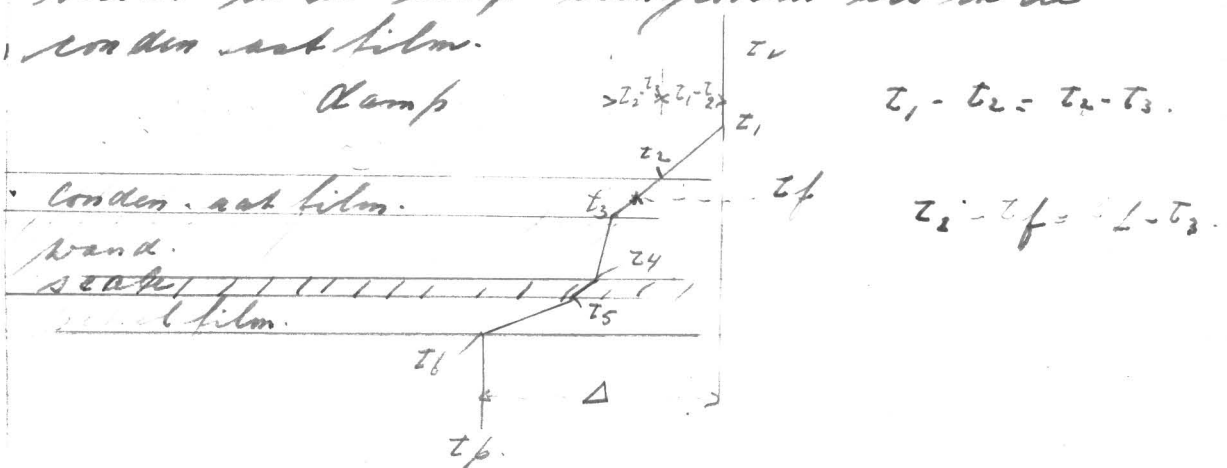
Bij een I binnen v.d. buiten maat is dit
rekenen niet het geval.

De uitvoering:

De hoeler is, met een draagbuis op punt
beheken, in een rechte horizonale buis
niet te voeren.

Men hebben het geheel liever, wat eenvoudiger.
Men nemen bijv. 3 delen van 2.40 ft. boom
elkaar. Zie tekening.

Op pag. 2 hebben we een schets gegeven van
het damp. verval. Deze schets is niet juist
In de damp, vlak bij de vloeistof film
drukt ook al een damp. verval op. Men
neemt in het algemeen aan, dat het damp.
verval in de damp even groot is als in de
condens. aab film.



Bijlage

Bij de berekening v.d. condensor hebben we de volgende constanten nodig van HF-pekel:

1^o Dichtheid (alleen HF).

2^o Viscositeit.

3^o Thermische geleidbaarheid.

1^o Simons en Dresden hebben bepaald (J.A.C.S. 66 1944) dat:

$$\rho_{HF} = 1.0020 - 2.2625 \cdot 10^{-3} t + 3.125 t^2 \cdot 10^{-6}$$

t in $^{\circ}C$.

ρ als functie v.t. zie grafiek. no II

2^o Viscositeit van HF.

Deze op de andere manier gegeven in het betreffende artikel de viscositeit van HF in het gebied $-70^{\circ}C$ - $0^{\circ}C$.

Interpolatie (gezien het verloop v.d. bromme) van het gebied $0 - 19.4^{\circ}C$ is gegeven bij:

Gerry, Handbook Chem. Eng. p. 196

geeft de volgende regel.

$\log \mu$ als functie van $\log T$ als is een rechte lijn. Grafiek I

Deze rechte hebben we gecombineerd met de geg. van Simons en Dresden. (zie grafiek). Met deze grafiek bepalen we:

$$\mu_{HF} \text{ bij } 19.4^{\circ}C = 0.232 \text{ c. poise.}$$

Deze waarde, gecombineerd met de geg. van Simons en Dresden, levert de grafiek

$$\mu_{HF} = f(T). \quad \text{Grafiek no II}$$

Viscositeit van pekkel.

Gerry ~~Hand~~ Chem. Eng. Handb. p. 2616 geeft voor enkele NaCl opb. bij verschillende temp. de viscositeit in c. poise.

In de interpolatie van deze gegevens levert de ons de grafiek $\mu_{pekkel} = f(T)$. Grafiek no I

3^o Thermische geleidbaarheid van pekkel

Introduction to Heat Transfer Brown & Marco geeft voor enkele NaCl opb. $k = f(T)$.

Thermische geleidbaarheid van HF.

Hier voor worden nu geen en het gegeven.
 Perry Chem. Eng. Handb. p. 962 geeft in
 formule om k voor vloeistoffen bij 86°F
 te berekenen uit:

C_p soort. warmte. 0,35 voor HF.

S soort. gew. van H_2O van 15°C .

M mol. gew.

μ viscositeit.

Bij 86°F is HF echter gas vormig.

We hebben k berekend bij 86°F , die zou gelden
 in die k van HF tot die temp. over verhit vloeit.

$$k = 0.00256 + \frac{(C_p - 0.45)^3}{0.641} + \frac{(S/M)^{1/3}}{3.31} + \frac{\mu^{1/9}}{41.8}$$

$$S = \frac{\rho_{\text{HF } 86^\circ\text{F}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O } 50^\circ\text{F}}}$$

Berekening gaf: $k_{86^\circ\text{F}} = 0.234 \text{ Btu ft}^{-1} \text{ hr}^{-1} \text{ }^\circ\text{F}^{-1}$

We hebben dan gevonden dat:

$$\left(\frac{dk}{dT}\right)_{\text{HF}} = \left(\frac{dk}{dT}\right)_{\text{H}_2\text{O}}$$

(Vele eigen schepen

van H_2O & HF komen overeen volgens Simons - Dresden.

We kunnen dan $k_{\text{HF}} = k_{\text{H}_2\text{O}}$ combineren.
 (zie profiel II)

Brit. J. Am. Chem. Soc. 66 (1944) 1074

Simons & Dresden.

J.H. Perry Chem. Eng. Handbook p. 796

id p. 2616

id p. 962

Dr. A. Brown in Marco Tube Station to
 heat transfer ()

analogy tussen
 HF en H_2O op μ en k
 (zie fluor-symposium)

10

графік мOI

Рекел

