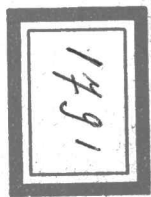


October 1959.

PROCESSCHEMA: bereiding van ureum.

Mej. E.R.Colenbrander
Hof van Delftlaan 127,
Delft.



I N H O U D

pag.

Belang van het product. - - - - -	1.
Keuze uit verschillende mogelijke processen. - - -	1.
De bestaande uitvoeringsvormen. - - - - -	2.
Keuze van het proces. - - - - -	3.
Grootte van de eenheid. - - - - -	4.
Plaats van de fabriek. - - - - -	4.
Het Proces.	
Reactieschema. - - - - -	4.
De grondstoffen. - - - - -	5.
De uitvoering van het proces. - - - - -	5.
Materiaalbalans. - - - - -	9.
Warmtebalans. - - - - -	10.
Flowsheet. - - - - -	12.
Literatuur. - - - - -	13.

Belang van het product. 1), 2), 9), 15), 20).

Ureum als grondstof voor de plasticfabricage:

Vorming van de ureumformaldehyde harsen, kunstharsen behorend tot het hardende type. Deze harsen worden wel gebruikt voor het maken van synthetische lijmsorten en in perspoeders; ook als toevoeging aan olieverf ter voorkoming van rimpeling.

Ureum als kunstmest:

Zowel in vaste als in vloeibare vorm wordt het veel gebruikt, vanwege het hoge stikstofgehalte 46,7%.

Ureum als veevoeder:

Hierin kan het n.l. een gedeelte van het eiwit vervangen. Dieren en planten nemen ureum gemakkelijk op.

Ureum in de chemische industrie:

Nodig bij de vorming van ammoniumsulphamaat, sulphamine zuur, phthalocyanide kleurstoffen, enz. en pharmaceutische producten. Verder wordt het nog gebruikt in tandpasta, deodorizerende producten, vloeimiddelen voor soldeer en bij de schuimrubber fabricage.

Keuze uit verschillende mogelijke processen. 1), 10), 20).

1° Een proces zonder recycle. 13).

Gecomprimeerde CO_2 en vloeibare NH_3 in de verhouding van 1 : 2 wordt de reactor ingeleid waar de reactie plaats heeft bij 150 - 200 atm. en 160 - 180°C. De vloeibare reactiemassa gaat van de reactor naar een stripper waar bij een druk van 1 atm. het carbamaat dissocieert in NH_3 en CO_2 bij 95°C. Het gedissocieerde NH_3 en CO_2 wordt gescheiden van de ureumoplossing en wordt verder verwerkt tot diverse bijproducten. NH_3 en CO_2 kunnen eventueel nog gescheiden worden.

2° Een proces met vloeistof recycle. 4).

Terugvoering van NH_3 en CO_2 als een waterige oplossing van NH_4 -carbamaat vermindert de omzetting door de aanwezigheid van veel water. Dit wordt gecompenseerd door gebruik te maken van een hoge reactie temperatuur 200 - 210°C en door een overmaat NH_3 te handhaven. Deze condities eisen een hoge druk in de reactor ca. 400 atm. De overmaat NH_3 wordt verwijderd en naar de reactor teruggevoerd; dit komt de warmte overdracht ten goede.

3° Een proces met gas recycle. 9).

Terugvoering van hete gassen (met zo'n hoge temperatuur dat geen NH_4 -carbamaat gevormd kan worden) stelt hoge eisen aan de koeling van het reactiesysteem en eist het gebruik van een tweetraps reactor om de gewenste temperatuur 160 - 170°C. te handhaven. De warmte wordt afgevoerd door waterkoeling.

4° Een proces met olie recycle. 14).

Het teruggevoerde gas wordt onder druk van een paar atm. geleid in een inwendig gekoeld vat waarin olie circuleert.

Hierin condenseert het NH_3 en CO_2 reeds tot carbamaat, gedispergeerd in olie. Deze slurry met een temperatuur niet hoger dan 45°C wordt dan naar de reactor gepompt waar de reactie plaats heeft bij 180°C en 200 atm. Door deze olie recycle wordt een betere warmteoverdracht verkregen.

De bestaande uitvoeringsvormen: 2), 3), 6).

Montecatini proces.

X CO_2 reageert in een autoclaaf met teruggevoerd vloeibaar NH_3 dat nog NH_4 -carbamaat en water bevat bij 150 á 160 atm. en $160 - 180^\circ\text{C}$. Het gevormde carbamaat gaat naar een expansie ruimte; niet omgezet CO_2 en NH_3 gemengd met gecondenseerde stoom en nieuw aangevoerde NH_3 vormen de recycle. Het carbamaat gaat vervolgens naar een stripper waar het ontgaan wordt van de niet omgezette gassen. NH_3 wordt selectief geabsorbeerd door middel van een NH_4NO_3 oplossing, gedesorbeerd en teruggevoerd.

Kenmerken zijn: door gedeeltelijke terugvoering worden de investeringskosten relatief laag gehouden, de corrosie wordt daardoor verlaagd, terwijl een chroomstalen reactor gebruikt kan worden.

Pechiney proces.

CO_2 en NH_3 reageren bij 200 atm. en 180°C in tegenwoordigheid van circulerende olie. Het gevormde NH_4 -carbamaat is gedispergeerd in olie welke ook NH_4 -carbamaat bevat dat gevormd is door absorptie van niet omgezette gassen. De carbamaat bevattende olie gaat naar een stripper waar het ontleed wordt in ureum en water; ook niet omgezette gassen worden hier verwijderd. De ureum oplossing wordt door decantatie van de olie gescheiden en in deze olie worden weer niet omgezette gassen geabsorbeerd om daarna teruggevoerd te worden in de reactor.

Kenmerken zijn: door het gebruik van olie wordt de warmteoverdracht vergemakkelijkt en eveneens krijgt men door het olielaagje dat de wand van de reactor bedekt vermindering van corrosie.

Chemico proces.

Vloeibaar NH_3 en CO_2 reageren bij 170 atm. en 180°C ; een 200% overmaat NH_3 wordt gebruikt om de conversie te verhogen. De overmaat wordt daarna bijna geheel verwijderd, gecondenseerd en teruggevoerd, zodoende is geen compressor nodig. De niet omgezette gassen CO_2 en NH_3 worden in een absorptiekolom gescheiden d.m.v. mono-aethanol-amine waarin het CO_2 geabsorbeerd wordt. Na regeneratie van het mono-aethanol-amine gaat het terug naar de absorptie kolom.

Kenmerken zijn: de overmaat NH_3 verhoogt niet alleen de opbrengst maar versnelt ook de warmte afgifte.

Inventa proces.

Vloeibaar NH_3 en CO_2 reageren bij 200 atm. en $160 - 190^\circ\text{C}$.

Het gevormde NH_4 -carbamaat ontleedt in ureum en water in een stripper bij 5 - 20 atm. en niet omgezette gassen worden verwijderd. Een NH_4NO_3 oplossing absorbeert selectief het NH_3 wat gedesorbeerd wordt en teruggevoerd kan worden.

Kenmerken zijn: een speciale legering lost de corrosie problemen in en sluit verontreinigingen met vergiftige metaalzouten uit. De vrij komende warmte wordt benut door stoomgeneratie. Het proces kenmerkt zich door de lage onderhoudskosten, hoge omzettingsgraad en relatief een zeer zuiver product.

Het proces van de Staatsmijnen.

De reactie condities zijn 200 atm. en 180°C . De reactiemassa wordt gescheiden in een stripper; de niet omgezette gassen worden of voor de vorming van bijproducten gebruikt of teruggevoerd in het proces d.m.v. onomgezet carbamaat wat teruggaat naar de reactor. Kenmerken zijn: de verkoopsvorm van de ureum, de tablet en de zuiverheid ervan, deze bevatten slechts 1% biureet en 0,3% vocht. De wijze waarop corrosie wordt tegengegaan door injectie van kleine hoeveelheden zuurstof in de chroomstalen reactor waardoor deze wordt geïnactiveerd.

Keuze van het proces. 2), 1), 4), 20).

Het principe van het Inventa proces werd verkozen boven de andere; de redenen zijn o.a. de veelzijdigheid ervan. Het NH_3 en CO_2 dat niet gereageerd heeft kan elders verwerkt worden maar kan ook geheel of gedeeltelijk teruggevoerd worden afhankelijk van de vraag naar de diverse producten.

Dit proces is uitermate geschikt voor productie van kleine hoeveelheden ureum, terwijl de andere processen pas rendabel zijn bij grote hoeveelheden.

De installatie is gemakkelijk te bedienen, terwijl het bedrijf niet arbeidsintensief is.

Het corrosie probleem is in de Inventa installatie succesvol bestreden door gebruik van een speciale legering, die geen zilver of lood bevat. Ze wordt in de literatuur beschreven als een ongewone modificatie van een veelgebruikt materiaal.

De levensduur van de reactor bedraagt zodoende 10 - 15 jaar.

De investerings-, de uitvoerings- en de onderhoudskosten zijn het laagst bij de plant zonder recycle. Voor een economische exploitatie ervan moet echter gezorgd worden voor:

- 1e een doel voor het niet omgezette NH_3 ,
- 2e de aanwezigheid van CO_2 moet hierbij niet van storende invloed zijn,
- 3e CO_2 moet aanwezig zijn zonder dat het veel kosten met zich mee brengt.

Het niet gereageerde NH_3 - CO_2 wordt gebruikt voor de bereiding van kunstmeststoffen als NH_4NO_3 en $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ en voor de salpeterzuur bereiding.

Hierbij is de ureum productie afhankelijk van de geassocieerde bedrijven.

Bij de gedeeltelijke en totale recycle worden de NH_3 en CO_2 gassen gescheiden d.m.v. een 45 - 60 % NH_4NO_3 oplossing waarin het NH_3 onder druk selectief oplost, waarna bij afdrukken van de druk het NH_3 weer vrijkomt.

Na zuivering van het CO_2 en NH_3 gas kan het teruggevoerd worden naar de reactor of elders gebruikt worden.

Hierbij is de productie van ureum en haar bijproducten te variëren naar de vraag ervan, economisch dus het minst gevoelig.

Grootte van de eenheid. 1),2),5).

In tegenstelling tot de andere processen wordt het Inventa proces gebruikt voor productie van relatief kleine hoeveelheden ureum, gemiddeld 50 ton / dag.

De grootte van deze eenheid is berekend op de maximale capaciteit van 100 ton / dag.

In het algemeen zal de te produceren hoeveelheid echter bepaald worden door de afzetmogelijkheden van het ureum en zijn bijproducten.

Plaats van de fabriek. 1).

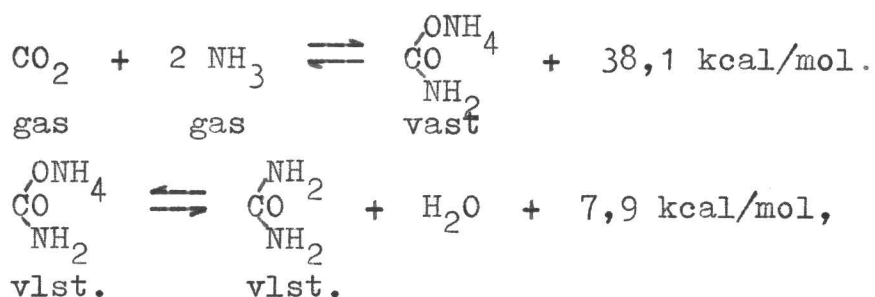
Een ureumfabriek wordt pas economisch aantrekkelijk op plaatsen waar CO_2 in voldoende concentratie beschikbaar is als afvalproduct van andere bedrijven. Dit is o.a. het geval bij synthetische NH_3 bedrijven waar waterstof wordt verkregen uit watergas door conversie van CO met stoom tot CO_2 en H_2 . Hierbij is dan tevens NH_3 voorradig.

Aangezien een gedeeltelijke recycle werd verkozen is het wenselijk ook een kunstmest of salpeterzuur fabriek naast de ureum fabriek te projecteren.

Het Proces.

Reactieschema. 1),7),8),16),17),18),19).

Het proces is gebaseerd op de volgende twee reacties:



deze laatste is endotherm bij 25°C en exotherm bij 150°C .

Beide reacties zijn omkeerbaar en de evenwichten zijn afhankelijk van de temperatuur, druk en concentratie van de componenten.

NH_3
 $\left. \begin{array}{l} P_{cr} = 111.5 \text{ atm} \\ t_{cr} = 132.4^\circ \text{C.} \end{array} \right\}$

starts oxygen
 O_2 injection $\rightarrow$

B. - did process
 calculate next
 for fuel
 2nd p 8

$\leftarrow$
 compressor
 no
 university? $\rightarrow$

Vast NH_4 -carbamaat ontleedt bij 1 atm. en 60°C ; de dissociatie druk stijgt snel met het toenemen van de temperatuur en is 7 atm. bij 100°C .

Bij hogere drukken dan de corresponderende dissociatie druk, wordt carbamaat gevormd waarbij een aanzienlijke hoeveelheid warmte vrij komt. Anderzijds zal bij toename van de temperatuur of afname van de druk beneden de dissociatie druk het carbamaat snel ontleden in de gasvormige componenten CO_2 en NH_3 .

De omzetting van carbamaat in ureum en water heeft alleen plaats in de vaste of vloeibare fase en de conversie ervan wordt vermindert door de aanwezigheid van water.

Het blijkt dat bij toenemende temperatuur de conversie stijgt. Echter de vorming van ureum vindt alleen plaats in de vloeistof of vaste fase, daarom is het noodzakelijk door druk de vloeistoffase te handhaven.

Aangezien de druk snel stijgt bij toenemen van de temperatuur zal bij een reactietemp. van 210°C corresponderend met een conversie van 55% in praktijk zelden bereikt worden.

Beschouwingen over het evenwicht bij de ureumvorming worden geïllustreerd in een grafiek lit.16).

Bij dit proces werd een mol.verhouding NH_3 en CO_2 van 6,71 : 3,34 genomen en vond de reactie plaats bij 180°C , de conversie die dan wordt verkregen is 50% volgens die grafiek.

De tijd om het evenwicht te bereiken is 20 min.; ofschoon het theor. mogelijk is de reactie te versnellen door gebruik te maken van een katalysator b.v. aluminiumsilicaat blijkt in praktijk de reactiesnelheid hoog genoeg zonder katalysator.

De grondstoffen. 1).

CO_2 moet gezuiverd worden ter verwijdering van sporen S en O. Gewoonlijk gebeurt dit door het CO_2 door twee torens te leiden; de eerste toren gevuld met actieve kool waar S bevattende componenten worden geadsorbeerd en in de tweede toren wordt het gas over een Cu katalysator geleid waaraan vrije O wordt gebonden. $t = ?$

Zelfs als sporen O in het reactiemengsel aanwezig zijn krijgt men corrosie toename.

Tevens moet het percentage inerte gassen zo laag mogelijk gehouden worden aangezien bij aanwezigheid ervan een verhoging van de druk in de reactor noodzakelijk wordt.

NH_3 wordt vloeibaar de reactor ingeleid; de vrijkomende reactiewarmte is daardoor 4,8 kcal/mol ^{ingeleid} NH_3 minder.

De uitvoering van het proces. 1),2),3),4),12),21).

Gezuiverd CO_2 gas d.m.v. een compressor en gezuiverd vloeibaar NH_3 d.m.v. een hoge druk pomp worden met een druk van 200 atm. de reactor ingeleid in een mol.verhouding van 3,34 : 6,71. X

Regeling van de toevoer geschiedt door een meetflens in de NH_3 leiding verbonden met een controleur die hierop de CO_2 toevoer regelt.

comp
onder hoge druk. X

zie directuurnut.

directuurnut
meer

meens?
restoring 75%? —

De reactiecondities in de reactor zijn 200 atm., 160 - 190°C, met een minimum reactietijd van 20 minuten. 3).

De reactie verloopt exotherm, het reactiemengsel moet om de temperatuur binnen de gewenste grenzen te houden gekoeld worden. Dit gebeurt door het mengsel rond te pompen d.m.v. een hoge druk pomp via een ketel waarin door waterkoeling m.b.v. de afgestane warmte stoom wordt geproduceerd. De ketel bezit een pijpenbundel waardoor heen het reactiemengsel stroomt en waarbuiten zich het koelwater bevindt.

Deze stoom kan elders in de eenheid gebruikt worden.

Met een manometer wordt de druk gecontroleerd, en de temperatuur van het reactiemengsel wordt geregeld m.b.w. de hoge druk pomp die het mengsel rond pompt.

Uit de hoeveelheid die rondgepompt wordt en de verblijftijd in de reactor is de inhoud van de reactor te berekenen.

De grootte van de lage druk stoomketel wordt bepaald door de hoeveelheid warmte die afgevoerd moet worden. Het reactiemengsel komt de stoomketel binnen met een temperatuur van 180 à 190°C en verlaat de ketel met een temperatuur van 150 à 160°C.

Dit vloeibare mengsel bestaande uit ureum, NH_4 carbamaat, water en iets NH_3 uit de stoomketel, komt via een reduceerventiel in de stripper. Hierin wordt een druk van 5 atm. gehandhaafd.

Het reduceerventiel is afgesteld op de druk in de reactor 200 atm., wordt deze lager dan sluit het ventiel zich automatisch.

Boven in de stripper is een drukveiligheid aangebracht, doordat een metalen plaat bij het overschrijden van de maximale druk stuk springt.

In de stripper komend ontleeft het carbamaat zich snel in NH_3 en CO_2 gas, tengevolge van de drukverlaging (beneden de dissociatiedruk); om te voorkomen dat met de damp vloeistof wordt meegesleurd is er boven in de stripper een spatvanger aangebracht. 1).

Aangezien de ontleding van het carbamaat warmte kost moet om kristallisatie van de ureumoplossing te voorkomen de inhoud van de stripper op temperatuur gehouden worden en dit gebeurt door de inhoud door een verdamper te sturen.

De stoom toevoer van de verdamper is afgesteld op de toptemperatuur van de stripper 100°C. De afmeting van de stripper wordt bepaald door de damp- en vloeistofbelasting ervan, terwijl de grootte van de verdamper wordt bepaald naar de hoeveelheid warmte die geleverd moet worden.

In de stripper gevuld met ringen niet groter dan $1/8$ maal de kolomdiameter worden vloeistof en gas gescheiden, de vloeistof bevat 80-90% ureum en de damp bestaat uit NH_3 , CO_2 en waterdamp. 2). De ureumoplossing wordt in een buffertank gelaten, geregeld door een niveauregelaar en vandaar uit verpompt naar de verstuivingsverdamper, hierin wordt de oplossing in fijn verdeelde vorm gesproeid tegen een hete luchtstroom in.

smeltpt. ureum
ca 137°C.

is een forse melk?
een melk evenwicht.

Deze verstuivingsverdamer heeft grote voordelen boven een gewone verdamer. In de eerste plaats is winning van het ureum uit het ingedampte concentraat zeer moeilijk tengevolge van de zeer hoge oplosbaarheid ervan. In de tweede plaats moet lange tijd blootstellen van de warme ureumoplossing aan een hoge temperatuur vermeden worden. Hoe hoger de temperatuur en hoe langer de tijd daar aan blootgesteld des te meer biureet zal er gevormd worden. 2), 20). (biureet $\text{H}_2\text{N.CO.NH.CO.NH}_2$, smpt. 193°C)

Dit is niet van belang wanneer het ureum wordt gebruikt voor veevoeders e.d. maar wel voor de productie van het technisch zuivere ureum.

Ter verkrijging van zuiver ureum is een speciale behandeling nodig: de oplossing moet dan eerst verzadigd worden met koolzuur en daarna behandeld worden met actieve kool. 1). Deze zuivere oplossing wordt dan de verstuivingsverdamer ingestuurd.

De hete lucht die de verstuivingsverdamer binnenkomt met een temperatuur van 260°C verlaat deze met een temperatuur van 100°C en wordt een cycloon ingestuurd om van stofdeeltjes ontdaan te worden. Inplaats van hete lucht kunnen ook wel afgewerkte rookgassen gebruikt worden. onvervalst
damp
circulatie?
pastie?

Het ureum komt tenslotte in een transportschroef terecht en wordt zo naar de opslagruimten verplaatst. sand?

De gassen die uit de stripper via een reduceerventiel afgesteld op 5 atm. komen NH_3 , CO_2 en een beetje waterdamp worden in een absorptiekolom gescheiden. 21).

Dit gebeurt op de volgende manier: het gasmengsel wordt d.m.v. een compressor met een druk van 10 atm. de absorptietoren in gestuurd, waarin een 45 - 60% NH_4NO_3 oplossing circuleert van 137°C .

Hierin lost het NH_3 selectief op (30 g NH_3 / 1 opl.), hierbij komt warmte vrij waardoor de absorptie vloeistof in temperatuur stijgt.

Boven uit de absorptietoren ontwijkt nu CO_2 , waterdamp en eventueel een klein percentage inerte gassen ook weer via een reduceerventiel.

De absorptie vloeistof met het NH_3 komt met een temperatuur van ca. 147°C beneden uit de kolom geregeld door een niveauregelaar en en gaat een warmte wisselaar in om daarna met een temperatuur van 80°C via een reduceerventiel de desorptietoren binnen te komen. Het reduceer ventiel regelt zich naar de druk in de leiding komend van de warmte wisselaar.

De vloeistof onder uit de absorptietoren komend verplaatst zich tengevolge van zijn eigen drukverschil naar de desorptietoren aangezien daar een druk van 1 - 1,5 atm. heerst.

In de desorptietoren ontwijkt tengevolge van de drukverlaging het NH_3 door een spatvanger en via een reduceerventiel; dit gaat gepaard met temperatuurverlaging en aangezien de desorptie het volledigst plaats heeft bij een temperatuur $> 80^\circ\text{C}$ moet warmte toegevoerd worden.

Dit gebeurt door de inhoud van de toren door een verdamper te sturen; een maat voor de verdamper is de hoeveelheid warmte die deze moet leveren.

De bodemtemperatuur van de toren 85°C wordt geregeld met de stoom, toevoer van de verdamper.

Beneden uit de desorptietoren komt de NH_4NO_3 oplossing van 85°C . De concentratie ervan wordt weer op peil gebracht door watersuppletie die geregeld wordt m.b.v. een meetflens. Deze op peil gebrachte oplossing reeds gemengd wordt d.m.v. een centrifugaalpomp de warmte wisselaar ingepompt om met een temperatuur van 137°C de absorptietoren weer binnen te gaan.

De afmetingen van de absorptie- en desorptietoren worden bepaald door de vloeistof en dampbelasting ervan, deze torens zijn gevuld met 1" ringen om zodoende een groter vloeistof oppervlak te krijgen.

Deze NH_3 kan nadat ze van de meegekomen waterdamp is ontdaan door condensatie en weer samen is geperst tot een vloeistof teruggevoerd worden naar de reactor; ook kan het voor andere doeleinden gebruikt worden.

Het CO_2 dat ontwijkt uit de absorptietoren wordt niet naar de reactor teruggevoerd, omdat dan de kans bestaat dat het percentage inerte gassen in de reactor vrij hoog wordt wat dan samen moet gaan met een drukverhoging.

Ook een veelgebruikte absorptievloeistof om NH_3 en CO_2 te scheiden is mono-aethanol-amine (M E A).

Het voordeel van een NH_4NO_3 oplossing boven het M E A is: in de eerst plaats wordt door het M E A CO_2 selectief geabsorbeerd wat tot gevolg heeft dat de inerte gassen met het NH_3 gas meekomen en dit weer nadelig is als men het NH_3 wil terug voeren naar de reactor,

in de tweede plaats is het M E A nogal kostbaar.

Daar staat tegenover dat bij absorptie van CO_2 met een kleiner absorptie systeem volstaan kan worden aangezien de mol.verhouding in het onomgezette gas van $\text{NH}_3 : \text{CO}_2$ ruwweg 2 : 1 is. Dit zal bij grote eenheden van doorslaggevende aard worden.

Het corrosieprobleem. 4), 12).

Het reactiemengsel is bijzonder corrosief, van belang daarom is het materiaal waaruit de reactor bestaat.

Bij het Inventa proces is dit corrosieprobleem opgelost door gebruik van een speciale legering waarvan alleen bekend is dat het een ongewone modificatie is van een veel gebruikt materiaal. 4). Ze bevat geen zilver of lood en is gemakkelijk te fabriceren, dit gebeurt naar Vulcan's voorschrift. De reactor wordt ermee bekleed, ook de pijpen van de stoomketel worden ervan gemaakt evenals het reduceerventiel.

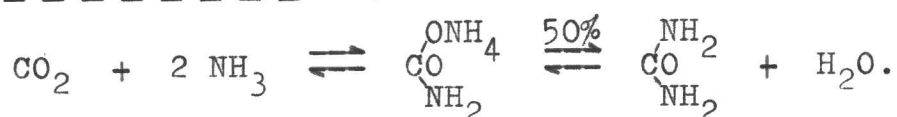
Bij de andere processen wordt lood of zilver gebruikt als bekledings materiaal voor de reactor. 12). Eveneens blijkt Cr-Ni met een hoog Si gehalte redelijk bestendig te zijn.

Is materiaal ook
bij andere processen
te gebruiken? /

Tevens is dit tegen hoge drukken bestand.

Toch blijft bij deze processen corrosie een groot probleem wat bij het Inventa proces nagenoeg uit de weg is geruimd.

Materiaalbalans. 2), 16).



Uitgegaan wordt van 114 ton NH_3 en 147 ton CO_2 / dag om een productie van 100 ton ureum / dag te verkrijgen 2) ; aangezien slechts een 50% conversie wordt bereikt van het NH_4 carbamaat in ureum bij 180°C en 200 atm. 16).

Hieruit volgt voor de materiaalbalans van de reactor:

<u>in</u>		<u>uit</u>	
CO_2	147 ton = $3,34 \cdot 10^3$ mol	NH_4 carbamaat	$1,67 \cdot 10^3$ mol = 130,3 ton
NH_3	114 " = $6,71 \cdot 10^3$ "	NH_3	$0,03 \cdot 10^3$ " = 0,5 "
		ureum	$1,67 \cdot 10^3$ " = 100,2 "
		H_2O	$1,67 \cdot 10^3$ " = 30 "
261 ton		totaal	261 ton

In de stripper krijgt men ontleding van het NH_4 carbamaat en scheiding van gas- en vloeistoffase, welke laatste een 80% ureum oplossing is. 2).

Voor de materiaalbalans in de stripper geldt:

<u>in</u>		<u>uit</u>	
wat er uit de reactor komt		bodemproduct:	
		ureum	100,2 ton
		H_2O	25 "
		topproduct:	
		$\text{NH}_3 (3,34 + 0,3) \cdot 10^3$ mol	= 57,3 "
		CO_2 $1,67 \cdot 10^3$ "	= 73,5 "
		H_2O damp	5 "
		totaal	261 ton

Het bodemproduct uit de stripper komt in de verstuivingsverdamer waar het water wordt verdampt en waar 100,2 ton ureum/dag overblijft. *vochtgehalte?*

Het topproduct gaat naar de absorptietoren. De hoeveelheid H_2O damp die bij 137°C met het CO_2 de absorptietoren ontwijkt wordt berekend uit de dampspanningsverlaging van de NH_4NO_3 oplossing bij die temperatuur, 274 mm. (Critical Tables).

Voor de materiaalbalans van de absorptietoren geldt:

<u>in</u>		<u>uit</u>	
topproduct stripper 135,8 ton		topproduct:	
$1,9 \cdot 10^6$ l NH_4NO_3 opl.		CO_2	73,5 ton
(30 g NH_3 /l opl.)		H_2O damp	12,3 "
s.g. 1,24	=2356 "	bodemproduct:	
		NH_3	57,3 "
		NH_4NO_3 opl.	2348,7 "
	2491,8 ton	totaal	2491,8 ton

X

James H. H.

Evenals bij de absorptietoren wordt ook bij de desorptietoren de hoeveelheid waterdamp die met het NH_3 meegaat berekend uit de dampspanningsverlaging van de NH_4NO_3 oplossing bij die temperatuur, 115,4 mm. (Critical Tables).

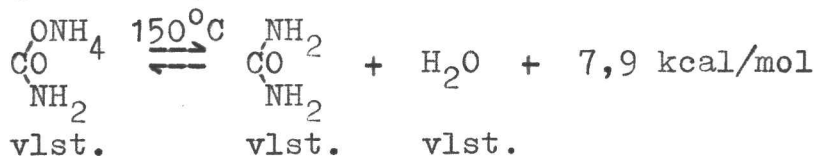
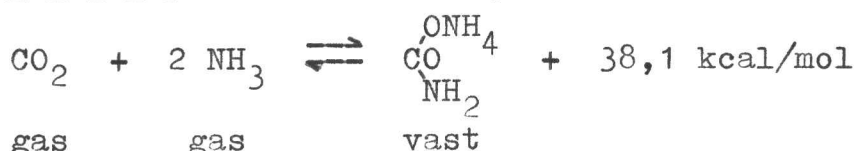
Voor de materiaalbalans van de desorptietoren geldt:

<u>in</u>		<u>uit</u>	
bodemproduct uit de		topproduct:	
absorptietoren	2406 ton	NH_3	57,3 ton
		H_2O damp	31,1 "
		bodemproduct:	
		NH_4NO_3 opl. $\text{NH}_3 = 0$?	2317,6 "
	<u>2406 ton</u>	totaal	<u>2406 ton</u>

Watersuppletie: $(12,3 + 31,1 - 5) = 38,4$ ton.

Alle genoemde hoeveelheden zijn per dag.

Warmtebalans. 7), 11), 16), 23).



Voor de warmtebalans van de reactor geldt:

vrijgekomen:	kcal/dag
vorming $3,34 \cdot 10^3$ mol NH_4 carbamaat _s (38,1 kcal/mol)	$127,3 \cdot 10^6$
omzetting $0,5 \cdot 3,34 \cdot 10^3$ mol carb. in ureum (7,9 kcal/mol)	$13,2 \cdot 10^6$
opgenomen:	
smeltw. $3,34 \cdot 10^3$ mol NH_4 carbamaat (18,5 kcal/mol)	$61,8 \cdot 10^6$
verd.w. $6,71 \cdot 10^3$ mol NH_3 (4,8 kcal/mol)	$32,2 \cdot 10^6$
$3,34 \cdot 10^3$ mol carb. $20 \rightarrow 180^\circ\text{C}$ (36,4 kcal/mol)	$19,5 \cdot 10^6$
Afgevoerd door de lage druk stoomketel	<u>$127 \cdot 10^6$</u>

Voor de warmtebalans van de stripper geldt:

opgenomen:	
$1,67 \cdot 10^3$ mol carb. $\rightarrow \text{CO}_2$ en NH_3 (31,1 kcal/mol)	$63,6 \cdot 10^6$
verd.w. 5 ton H_2O 100°C (539 kcal/kg)	$2,7 \cdot 10^6$
vrijgekomen:	
smeltw. $1,67 \cdot 10^3$ mol carb. (18,5 kcal/mol)	$30,9 \cdot 10^6$
100,2 ton ureum $150 \rightarrow 100^\circ\text{C}$ (1,32 kcal/kg)	$0,13 \cdot 10^6$
25 ton H_2O $150 \rightarrow 100^\circ\text{C}$ (1,007 kcal/kg)	$0,03 \cdot 10^6$
Geleverd door de verdamper	<u>$135,24 \cdot 10^6$</u>

Voor de warmtebalans van de absorptietoren geldt:

vrij gekomen:	
oplossingsw. $3,37 \cdot 10^3$ mol NH_3 (8,74 kcal/mol)	$29,5 \cdot 10^6$
opgenomen:	
verd.w. 12,3 ton H_2O 137°C (514 kcal/kg)	$6,3 \cdot 10^6$
z.o.z.	

vervolg in absorptietoren opgenomen

57,3 ton NH_3 (0,52kcal/kg)	1,4 . 10^6
73,5 " CO_2 (0,19kcal/kg) 100 $\rightarrow$ ca.147°C	0,6 . 10^6
5 ton H_2O 100 $\rightarrow$ ca.147°C	0,2 . 10^6
2356 ton NH_4NO_3 opl. 137 $\rightarrow$ ca.147°C (0,929kcal/kg)	21 . 10^6

Bij de absorptietoren wordt van buiten af geen warmte toe of afgevoerd.

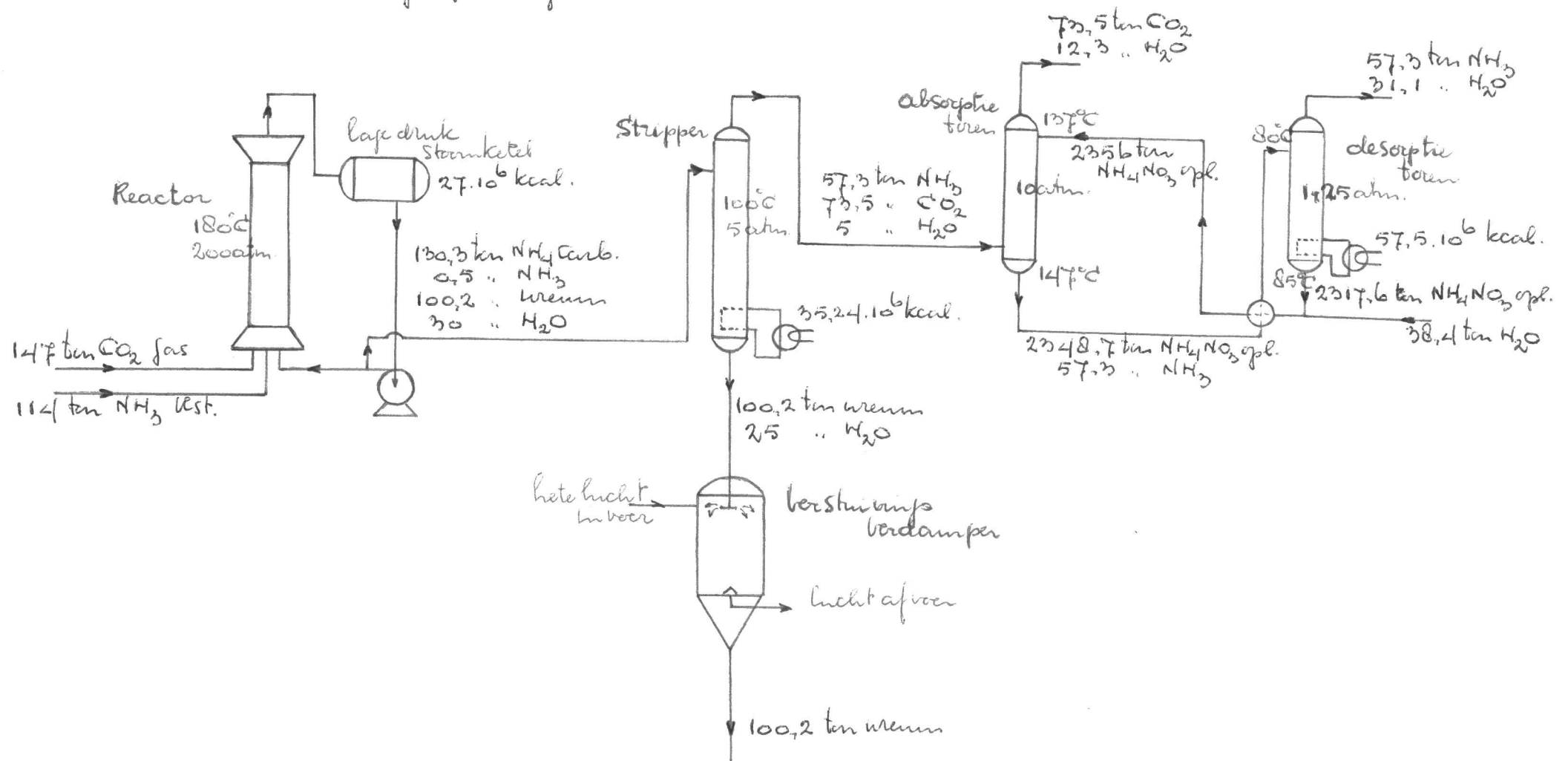
Voor de warmtebalans van de desorptietoren geldt:
opgenomen:

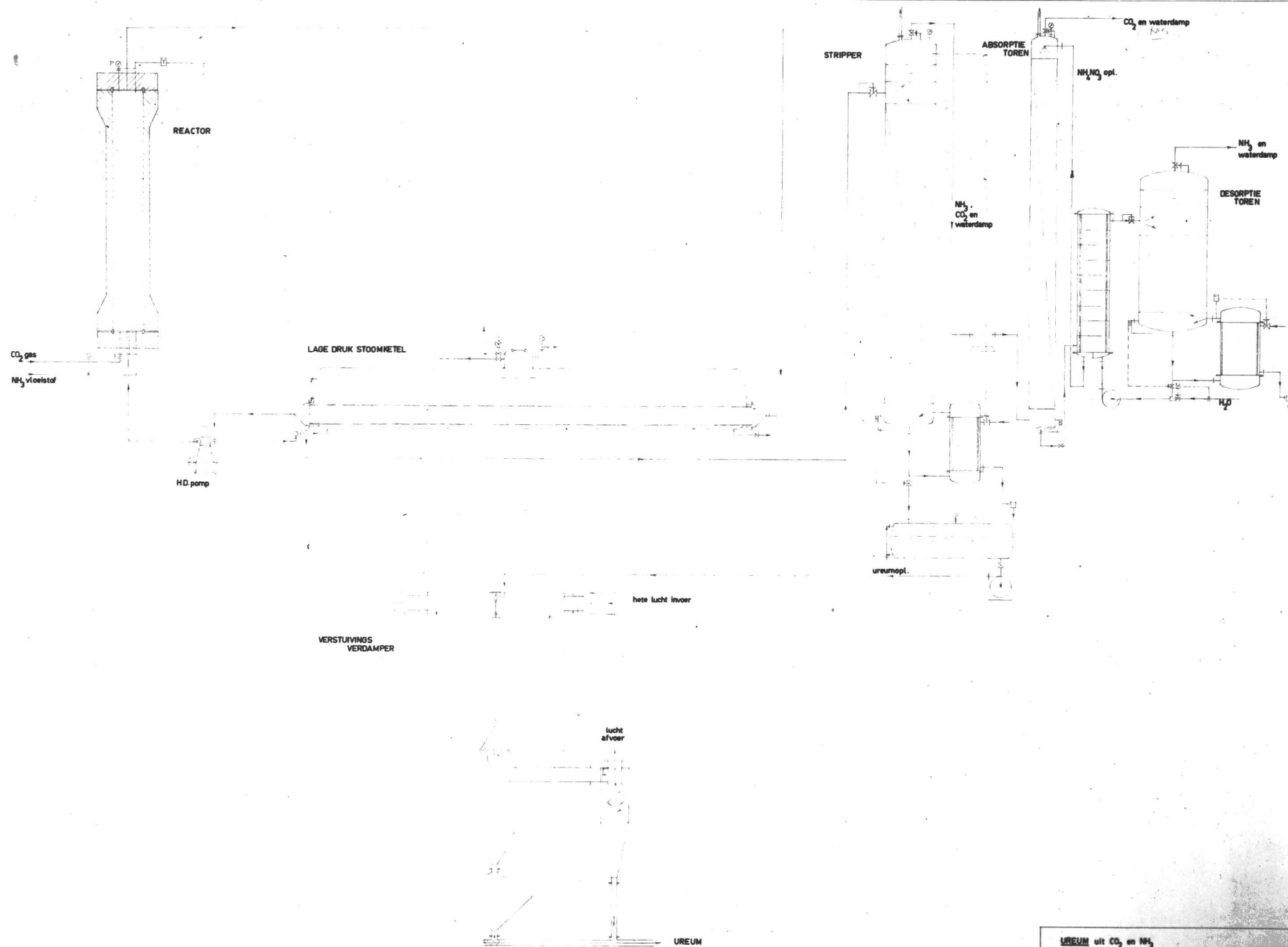
oplossingsw. $3,37 \cdot 10^3$ mol NH_3 (8,74kcal/mol)	29,5 . 10^6
verd.w. 31,1 ton H_2O 80°C (551kcal/kg)	17,1 . 10^6
2356 ton NH_4NO_3 opl. 80 $\rightarrow$ 85°C (0,929kcal/kg)	10,9 . 10^6
Geleverd door de verdamper	<u>157,5 . 10^6</u>

Alle hoeveelheden zijn per dag.

Flow sheet

alle hoeveelheden zijn per dag.





UREUM uit CO_2 en NH_3
 schaal 1:40.

october 1959
 E.R. Colenbrander.

1731

Geraadpleegde literatuur:

- 1) Rooseboom, A., Chem. Eng. 58, 3, p 111, (1951).
- 2) Cronan, C.S., " " 66, 1, p 44, (1959).
- 3) Tonn, W.H., Jr., " " 62, 10, p 186, (1955).
- 4) Anon., " " 59, 11, p 219, (1952).
- 5) Skeen, J.R., " " 56, 6, p 319, (1949).
- 6) " " 65, 8, p 73, (1958).
- 7) Clark and Heterington, J. Amer. Chem. Soc. 43, p 1909, (1927).
- 8) Krase and Gaddy, " " " 52, p 3088, (1930).
- 9) Berliner, Chem. Ind. 38, 3, p 237, (1936).
- 10) Cook, L.H., Chem. Eng. Progress 50, 7, p 327, (1954)
- 11) Krase, H.J., Gaddy, V.L., and Clark, K.G., Ind. Eng. Chem. 22,
p 289, (1930).
- 12) Thompson, J.G., Krase, H.J., and Clark, K.G., Ind. Eng. Chem. 22,
p 736 and p 1086, (1930).
- 13) Berliner, Ind. Eng. Chem. 28, p 517, (1936).
- 14) Bairley, W.A., Jr., Bannerot, R.A., Fetterly, L.C., and
Smith, A.G., Ind. Eng. Chem. 43, p 2125, (1951).
- 15) Anon., Plastics 5, p 287, (1929).
- 16) Fréjacques, M., Chimie et Ind. 60, 1, p 22, (1948).
- 17) Matignon et Fréjacques, Bull. Soc. Chim. France 31, p 307, (1932).
- 18) " " " , Ann. Chim. 17, p 257, (1932).
- 19) Fitcher und Becker, Ber. 44, p 3473, (1911).
- 20) Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 14, p 458, (1955).
- 21) Chemical Abstracts 52, 1, P 2350 h.
- 22) Perry, J.H., Chemical Engineer's Handbook, (1950).
- 23) Mellor, J.W., A comprehensive treatise on inorganic and
theoretical chemistry, Vol. VIII, (1928).

