

Bijlage: 1 tekening

DR 288

=====

Berekeningen over de absorptie-installatie van SZF-1, in samenwerking met het Mathematisch Centrum (in vervolg op rapport DR 274 d.d.6 maart 1959)

Doel

1. Bestudering van de invloed van de ringvulling van het stalen gedeelte van de absorptie-installatie van SZF-1 op het rendement.
2. Oriënterende berekeningen over het effect van de verhoging van de snelheid van de NO-oxydatie, zoals deze kan worden verkregen in absorptie-torens volgens het Kuhlmann-systeem.

Inhoud

Inleiding

Gegevens voor de berekeningen

Resultaten:

- a. Berekening van het contactoppervlak tussen gas en vloeistof, a (m^2/m^3)
- b. Berekening van het effect van het bijvullen van de stalen torens
- c. Vergroting van de oxydatiesnelheid aan het einde der granieten torens.

Conclusies

1. Door het bijvullen van de stalen torens met Raschigringen tot 1,5 m van boven neemt de in deze torens geabsorbeerde hoeveelheid stikstofoxyden toe met $\pm 0,29$ kmol/m²h. Aan het einde der granieten torens is deze winst, door de vermindering der drijvende kracht, gedaald tot $\pm 0,03$ kmol/m²h. In de alkalische absorptie-torens treedt nogmaals een daling van de winst op van ± 65 %, zodat de uiteindelijk te behalen winst (vermindering van het verlies aan stikstofoxyden in het eindgas) 0,01 kmol/m²h bedraagt. Dit komt neer op een besparing van $\pm 24,8$ ton N/jaar.
2. Berekeningen onder aanname van een hogere snelheidsconstante van de NO-oxydatie in de laatste toren (s) van het granieten gedeelte van het absorptiesysteem geven een aanwijzing, dat toepassing van torens volgens het Kuhlmann-systeem van betekenis kan zijn voor het verkrijgen van een rendementsvergroting van het absorptiesysteem van SZF-1.

Inleiding

In rapport DR 274 d.d. 6 maart 1959 werden de resultaten vermeld van berekeningen over de invloed van het bijvullen van de granieten torens op het stikstofoxydegehalte van het eindgas.

De conclusie was, dat de hiermede uiteindelijk te verkrijgen winst niet noemenswaardig was.

Nu zijn ook de stalen torens slechts gedeeltelijk gevuld.

Aangezien de stikstofoxydeconcentraties in deze torens hoger zijn dan in de granieten torens en dus ook de drijvende kracht van de absorptie en oxydatie hoger is, is het mogelijk dat het bijvullen hier een sterkere toename veroorzaakt van de geabsorbeerde hoeveelheid stikstofoxyden.

Hier staat tegenover, dat een eventueel geleden verlies in de bestaande toestand, door het niet bijvullen van de stalen torens veroorzaakt, in sterkere mate zal worden gecompenseerd dan een verlies tengevolge van het niet bijvullen van de granieten torens.

Immers in het laatste geval vindt de compensatie alleen plaats door de alkalische absorptie, in het eerste geval tevens door de granieten torens.

Slechts door berekening kan worden nagegaan wat het totale effect is van het bijvullen der stalen torens.

Voor de berekeningsmethode kan worden verwezen naar het bovengenoemde rapport.

Voorts werden nog enige berekeningen uitgevoerd over de invloed van de snelheid van de NO-oxydatie.

Gegevens voor de berekeningen

Een schema van de stalen torens A, B en C is gegeven in fig. 1. De gassnelheden aan het einde der torens werden berekend op de wijze, zoals in rapport DR 274 (blz.4) is uiteengezet.^{x)}

De gasanalyses en de bijbehorende NH_3 -belastingen werden ontleend aan rapport DR 167 (D.C. Smit).

Gevonden werd:

Na toren A (monsterplaats b):

$A = \text{NH}_3\text{-belasting} = 3230 \text{ Nm}^3/\text{h}$

$\text{NO}_2(\text{totaal}) = 6,71 \%$; $\text{NO} = 2,62 \%$; $\text{O}_2 = 4,6 \%$; $\text{N}_2 = 86,1 \%$

$x = 6575 \text{ Nm}^3/\text{h}$; $y = 2552 \text{ Nm}^3/\text{h}$; $z = 3230 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

$(\text{NO}_2) = 1933 \text{ Nm}^3/\text{h} = 86,29 \text{ kmol/h} = 3,05 \text{ kmol/m}^2\text{h}$

$(\text{NO}) = 755 \text{ " } = 33,71 \text{ " } = 1,19 \text{ " }$

$(\text{O}_2) = 1326 \text{ " } = 59,20 \text{ " } = 2,09 \text{ " }$

$(\text{N}_2) = 24787 \text{ " } = 1106,56 \text{ " } = 39,10 \text{ " }$

De oppervlakte van de doorsnede van de stalen torens(ledig)=28,3 m².
1 kmol. gas = 22,4 Nm³.

^{x)} Abusievelijk werd in dit rapport de verhouding $\text{N}_2:\text{O}_2$ in lucht = 4 gesteld; dit moet zijn 3,76. De stikstofsnelheid (Nm³/h) wordt dus = 3,76x in plaats van 4 x.

Na toren B (monsterplaats c)

A = 3285

$\text{NO}_2 = 3,80 \%$; $\text{NO} = 2,47 \%$; $\text{O}_2 = 3,6 \%$; $\text{N}_2 = 90,1 \%$

$x = 6625 \text{ Nm}^3/\text{h}$; $y = 3172 \text{ Nm}^3/\text{h}$; $z = 2121 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

$(\text{NO}_2) = 1051 \text{ Nm}^3/\text{h} = 46,92 \text{ kmol}/\text{h} = 1,66 \text{ kmol}/\text{m}^2\text{h}$

$(\text{NO}) = 689 \text{ " } = 30,76 \text{ " } = 1,09 \text{ " }$

$(\text{O}_2) = 998 \text{ " } = 44,55 \text{ " } = 1,57 \text{ " }$

$(\text{N}_2) = 24976 \text{ " } = 1115,00 \text{ " } = 39,40 \text{ " }$

Na toren C (monsterplaats d)

A = 3200

$\text{NO}_2 = 1,56 \%$; $\text{NO} = 2,60 \%$; $\text{O}_2 = 3,3 \%$; $\text{N}_2 = 92,5 \%$

$x = 6494 \text{ Nm}^3/\text{h}$; $y = 3369 \text{ Nm}^3/\text{h}$; $z = 2956 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

$(\text{NO}_2) = 413 \text{ Nm}^3/\text{h} = 18,44 \text{ kmol}/\text{h} = 0,69 \text{ kmol}/\text{m}^2\text{h}$

$(\text{NO}) = 688 \text{ " } = 30,71 \text{ " } = 1,09 \text{ " }$

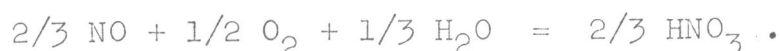
$(\text{O}_2) = 874 \text{ " } = 39,02 \text{ " } = 1,38 \text{ " }$

$(\text{N}_2) = 24481 \text{ " } = 1092,90 \text{ " } = 38,62 \text{ " }$

Vóór toren A zijn geen gasanalyses uitgevoerd; de gassnelheden kunnen echter worden berekend uit de NH_3 -belasting, het verbrandingsrendement, de totale hoeveelheid lucht, welke is toegevoerd en de hoeveelheid zuur, welke is gevormd tussen de verbranding en toren A.

Tijdens de analyses na toren A bedroeg de NH_3 -belasting $3230 \text{ Nm}^3/\text{h}$, het verbrandingsrendement is gesteld op 96% , zodat $0,96 \times 3230 = 3101 \text{ Nm}^3/\text{h}$ NO werd gevormd.

Een gedeelte van dit NO wordt omgezet in salpeterzuur volgens de reactievergelijking:



De hoeveelheid condenszuur komt overeen met $69 \text{ kg HNO}_3/\text{h}$ (100%).

Er werd dus $\frac{69}{63} \cdot 22,4 = 24,5 \text{ Nm}^3/\text{h}$ NO omgezet.

De hoeveelheid zuurstof, welke in totaal werd toegevoegd, aanwezig in de verbrandingslucht en de suppletie-lucht = $x = 6575 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

Het O_2 -verbruik bedroeg:

a.	voor de NO-vorming	$1,25 \times 3101$	=	3876	Nm^3/h
b.	" " N_2 -	$0,75 \times 0,04 \times 3230$	=	96,9	"
c.	" " HNO_3 -	$0,75 \times 24,5$	=	18,4	"
totaal				=	3991,3 Nm^3/h .

Hieruit volgt voor de gassnelheden bij het begin van toren A:

$$\begin{aligned}
 (\text{NO}) &= 3101 - 24,5 = 3077 \text{ Nm}^3/\text{h} \\
 (\text{O}_2) &= 6575 - 3991 = 2584 \text{ "} \\
 (\text{N}_2) &= 3,76 \times + 0,02 \text{ A} = 24787 \text{ "} \\
 (\text{NO}_2) &= 0 \text{ Nm}^3/\text{h} = 0 \text{ kmol/h} = 0 \text{ kmol/m}^2\text{h} \\
 (\text{NO}) &= 3077 \text{ "} = 137,37 \text{ "} = 4,85 \text{ "} \\
 (\text{O}_2) &= 2584 \text{ "} = 115,36 \text{ "} = 4,08 \text{ "} \\
 (\text{N}_2) &= 24787 \text{ "} = 1106,56 \text{ "} = 39,10 \text{ "}
 \end{aligned}$$

De oxydatiegraad is onbekend, wij zullen hiervoor een vrij lage waarde, nl. 0,2, aannemen.

De gassnelheden worden dan:

$$\begin{aligned}
 (\text{NO}_2) &= 615 \text{ Nm}^3/\text{h} = 27,46 \text{ kmol/h} = 0,97 \text{ kmol/m}^2\text{h} \\
 (\text{NO}) &= 2462 \text{ "} = 109,91 \text{ "} = 3,88 \text{ "} \\
 (\text{O}_2) &= 2276 \text{ "} = 101,61 \text{ "} = 3,59 \text{ "} \\
 (\text{N}_2) &= 24787 \text{ "} = 1106,56 \text{ "} = 39,10 \text{ "}
 \end{aligned}$$

De gassnelheden zijn samengevat in tabel 1

Tabel 1

Gas	Vóór toren A	Na toren A	Na toren B	Na toren C
NO ₂	0,97	3,05	1,66	0,69
NO	3,88	1,19	1,09	1,09
NO ₂ +NO	4,85	4,26	2,75	1,78
O ₂	3,59	2,09	1,57	1,38
N ₂	39,10	39,10	39,40	38,62

Men ziet uit deze tabel, dat de vermindering van de hoeveelheid stikstofoxyden in toren A klein is in vergelijking met de vermindering in de torens B en C.

Te verwachten was, dat - gezien de grotere drijvende kracht voor de absorptie en oxydatie-deze vermindering juist groter zou zijn. Dit wijst erop, dat de percentages NO₂+NO, gevonden uit de gasanalyses, te hoog zijn, hetgeen wordt bevestigd door een vergelijking met andere gasanalyses (van bedrijfszijde verstrekt).

Tabel 2

Monster- plaats	Rapport DR 167	Andere analyses, datum en waarnemer onbekend (opgave van bedrijfszijde)		
	vol.% NO ₂ + NO	NO ₂ + NO	NO ₂ + NO	NO ₂ + NO
Na toren A	9,33	-	6,84	7,14
" " B	6,27	4,76	-	4,98
" " C	4,16	3,38	3,75	3,21
" " 1 ^x)	=	2,85	2,78	2,10
" " 2	-	2,15	2,29	1,93
" " 3	-	1,44	1,65	1,41
" " 4	-	1,24	1,45	1,33
" " 5	-	1,02	1,10	1,00
" " 6	-	0,96	1,08	0,88

x) De temperatuur van het gas in de granieten torens tijdens deze analyses was $\pm 22^{\circ} \text{C}$.

Verdere gegevens

De snelheid van de waterdamp in het gas, (H₂O) in kmol/m²h is gelijkgesteld aan 0,03 E (E = totale gassnelheid).

De gemiddelde druk = P = 10587 kg/m².

De temperatuur is in de torens A en B = 41°C (314°K) en in de toren C = 46°C (=319°K).

De snelheidsconstante van de NO-oxydatie is volgens Bodenstein (Z.Elektrochem. 24, 183(1918):

$$\text{bij } 30^{\circ} \text{C} \quad k_c = 1,70 \times 10^6 \frac{(\text{liter})^2}{(\text{mol})^2 \text{min.}}$$

$$\text{" } 60 \text{ " } \quad \text{" } = 1,33 \times 10^6$$

$$\text{" } 41 \text{ " } \quad \text{" } = 1,70 \times 10^6 - \frac{11}{30} \cdot 0,37 \times 10^6 = 1,56 \times 10^6$$

$$\text{" } 46 \text{ " } \quad \text{" } = 1,70 \times 10^6 - \frac{16}{30} \cdot 0,37 \times 10^6 = 1,50 \times 10^6$$

In plaats van k_c passen wij de waarde $\frac{1}{n} k_c = k$ toe

$$\text{bij } 41^{\circ} \text{C} = 314^{\circ} \text{K}: k = \frac{1}{4} k_c = 0,39 \times 10^6 \frac{(\text{liter})^2}{(\text{mol})^2 \text{min.}} = 3,54 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^4}{(\text{kg})^2 \text{h}}$$

$$\text{" } 46^{\circ} \text{C} = 319^{\circ} \text{K}: k = \frac{1}{4} k_c = 0,375 \times 10^6 \quad \text{" } = 3,41 \times 10^{-4} \quad \text{"}$$

K_p werd bepaald uit de vergelijking (Wenner, Thermochemical calculations):

$$\log K_p = \frac{2993}{T} + 9,226 ; \quad K_p = \frac{p_{N_2O_4}}{(p_{NO_2})^2}$$

$$41^\circ C = 314^\circ K : K_p = 2,303 \frac{1}{at} = 1,96 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{kg}$$

$$46^\circ C = 319^\circ K : K_p = 1,432 \frac{1}{at} = 1,38 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{kg}$$

De waarden van de absorptieconstante K werden berekend uit de volgende gegevens (rapport DR 163, D.C. Smit):

$0^\circ C$, 30 % HNO_3	$K = 3,20 \cdot 10^{-4}$	$\frac{\text{kg mol}}{\text{kg h}}$
$25^\circ C$, 30 % "	$K = 4,6 \cdot 10^{-4}$	"
toename per graad C	$0,056 \cdot 10^{-4}$	"

$0^\circ C$, 54 % HNO_3	$K = 2,15 \cdot 10^{-4}$	$\frac{\text{kg mol}}{\text{kg h}}$
$25^\circ C$, 54 % "	$K = 2,6 \cdot 10^{-4}$	"
toename per graad C	$0,02 \cdot 10^{-4}$	"

Hieruit volgt door interpolatie en extrapolatie:

$0^\circ C$, 42 % HNO_3	$K = 2,67 \cdot 10^{-4}$	$\frac{\text{kg mol}}{\text{kg h}}$
$25^\circ C$, 42 % "	$K = 3,6 \cdot 10^{-4}$	"
toename per graad C	$0,038 \cdot 10^{-4}$	"
$41^\circ C$, 42 % HNO_3	$K = (3,6 + 0,038 \cdot 16) 10^{-4} = 4,2 \cdot 10^{-4}$	$\frac{\text{kg mol}}{\text{kg h}}$
$46^\circ C$, 30 % "	$K = (4,6 + 0,056 \cdot 21) 10^{-4} = 5,8 \cdot 10^{-4}$	"

Het integratie-schema voor de automatische rekenmachine van toren A tot en met toren C is weergegeven in fig.1.

Resultaten

Berekening van het contactoppervlak tussen gas en vloeistof, $a(m^2/m^3)$

Tabel 3

Toren B

Beginwaarden(uit gasanalyse)		m=2,09	n=4,24	x=0,72
Eindwaarden (" ")		1,56	2,72	0,60
Eindwaarden (automatische rekenmachine)	a = 30	1,32	1,76	0,49
	20	1,37	2,01	0,56
	12	1,45	2,38	0,64
	10	1,48	2,53	0,67
	8	1,51	2,71	0,70
	7	1,53	2,81	0,72
	5	1,58	3,08	0,75

$m = (O_2)$ = zuurstofsnelheid (kgmol/m²h)

$n = (NO_2) + 2(N_2O_4) + (NO)$ = snelheid van de stikstofoxyden(kgmol/m²h)

$x = \frac{(NO_2) + 2(N_2O_4)}{n}$ = oxydatiegraad.

Uit de waarden van m , n en x aan het begin (uit de gasanalyses) werden met de automatische rekenmachine de eindwaarden berekend voor verschillende waarden van a.

Uit de tabel ziet men, dat de beste overeenstemming (wat n betreft) bereikt wordt voor a = 8.

Tabel 4

Toren C

Beginwaarden(uit gasanalyse)		m=1,56	n=2,72	x=0,60
Eindwaarden (" ")		1,40	1,80	0,37
Eindwaarden (automatische rekenmachine)	a = 70	1,14	1,31	0,28
	50	1,15	1,39	0,33
	30	1,18	1,54	0,41
	20	1,20	1,69	0,48
	16	1,21	1,78	0,52
	12	1,22	1,89	0,57
	8	1,24	2,06	0,63

De beste overeenstemming voor toren C (vooral wat de waarde van n betreft) wordt bereikt voor $a = 16$. Voor de torens B en C komen wij op een gemiddelde a-waarde van 12. Vervolgens hebben wij getracht te berekenen welke oxydatiegraad x van het begingas van toren A (deze is immers onbekend) bij deze gemiddelde a-waarde van 12 het beste voldoet, d.w.z. welke berekende eindwaarden voor toren A het beste overeenstemmen met die, welke uit de gasanalyses zijn gevonden.

Tabel 5
Toren A; $a=12$

Beginwaarden, uit gasanalyse	Nr.1	m=4,08	n=4,85	x=0,00
" , " "	2	3,59	4,85	0,20
" , " "	3	3,11	4,85	0,40
" , " "	4	2,62	4,85	0,60
Eindwaarden, berekend resp.	Nr.1	1,67	3,38	0,78
" , " "	2	1,64	3,32	0,77
" , " "	3	1,62	3,22	0,77
" , " "	4	1,57	3,07	0,76
Eindwaarden uit gasanalyse		2,09	4,24	0,72

Men zie uit de tabel, dat de overeenstemming slecht is en steeds slechter wordt, naarmate de oxydatiegraad hoger wordt gekozen. Reeds bij een oxydatiegraad = 0 van het begingas wordt de berekende eindwaarde van n lager dan de door analyse gevonden waarde. Dit bevestigt, hetgeen reeds eerder werd opgemerkt, dat de gasanalyses niet goed zijn. Het is dus niet mogelijk de oxydatiegraad van het begingas door berekening te vinden. Wij hebben bij de verdere berekeningen deze oxydatiegraad op 0,2 gesteld. Vervolgens werden de eindwaarden berekend voor de torens A,B en C tezamen (in de bestaande toestand).

Tabel 6
Torens A, B en C(bestaande toestand)

<u>$a=12$</u>			
Inlaat A	m = 3,59	n = 4,85	x = 0,20
" B	1,64	3,32	0,77
" C	1,30	1,97	0,63
Uitlaat C	1,12	1,48	0,57
<u>$a=8$</u>			
Inlaat A	m = 3,59	n = 4,85	x = 0,20
" B	1,71	3,64	0,80
" C	1,38	2,35	0,69
Uitlaat C	1,21	1,80	0,64
Uitlaat C, volgens gasanalyse	1,40	1,80	0,37

Men ziet, dat de waarde $a=8$, voor de drie torens tezamen, de beste overeenstemming geeft met de uitlaatwaarden volgens de gasanalyse.

Bij gebrek aan betrouwbare gasanalyses is het dus niet mogelijk berekeningen uit te voeren, welke geheel in overeenstemming zijn met de in werkelijkheid in de absorptie-installatie ingestelde gassnelheden.

Wij veronderstellen echter, dat dit weinig invloed heeft op de verandering van de $\text{NO}_2 + \text{NO}$ -snelheid tengevolge van een wijziging in het systeem, in casu het bijvullen van de torens.

Berekening van het effect van het bijvullen van de stalen torens

De torens werden bijgevuld gedacht met Raschig-ringen tot 1,5 m van boven.

Tabel 7

Torens A, B en C, bijgevuld

$a=8$

Inlaat A	$m = 3,59$	$n = 4,85$	$x = 0,20$
" B	1,67	2,98	0,67
" C	1,31	2,08	0,65
Uitlaat C	1,13	1,51	0,59

Door het bijvullen van de stalen torens daalde dus n van 1,80 tot 1,51, een daling van 0,29 kmol/m²h.

De uitlaatwaarden van m , n en x van toren C in beide gevallen werden vervolgens als inlaatwaarden van het granieten gedeelte beschouwd, na vermenigvuldiging van m en n met het quotiënt van de doorsnede van de stalen torens en van de granieten torens. De stalen torens hebben nl. een grotere doorsnede dan de granieten torens, zodat indien het gas van de stalen torens in de granieten torens komt, de snelheid in kmol/m²h toeneemt.

Doorsnede stalen torens = 28,3 m²

" granieten torens = 21,1 "

Quotiënt = $\frac{28,3}{21,1} = 1,341$.

Waarde van a in de granieten torens = 80^x).

x)

Het grote verschil in a -waarde tussen de stalen torens en de granieten torens hoeft niet noodzakelijk te wijzen op een reëel verschil tussen contactoppervlak van vloeistof en gas. De berekening van a is nl. zeer gevoelig voor fouten in de gasanalyse. Zo heeft b.v. een vermindering van n in het eindgas van de granieten torens met 10 % een stijging van a met 100 % tengevolge. Bovendien is a omgekeerd evenredig met de absorptie-constante K , welke niet nauwkeurig bekend is.

Inlaatwaarde van m in de granieten torens bij bestaande toestand in de stalen torens $1,341 \times 1,21 = 1,62$

idem van n $1,341 \times 1,80 = 2,41$.

De overeenkomstige waarden voor het geval de stalen torens zijn bijgevuld zijn: $1,341 \times 1,13 = 1,52$.

$1,341 \times 1,51 = 2,02$.

De berekende uitlaatcijfers van de granieten torens zijn gegeven in onderstaande tabellen:

Tabel 8

Granieten torens; bestaande toestand
v.d.stalen torens

a= 80

Inlaat toren 1	m=1,62	n=2,41	x=0,64
" " 2	2,08	1,35	0,22
" " 3	1,92	1,18	0,31
" " 4	1,82	0,94	0,23
" " 5	1,74	0,83	0,25
" " 6	1,69	0,71	0,19
Uitlaat " 6	1,64	0,64	0,20

Tabel 9

Granieten torens; na bijvullen
v.d.stalen torens

a=80

Inlaat toren 1	m=1,52	n=2,02	x=0,59
" " 2	2,02	1,22	0,22
" " 3	1,89	1,08	0,30
" " 4	1,80	0,88	0,22
" " 5	1,73	0,78	0,25
" " 6	1,68	0,68	0,19
Uitlaat toren 6	1,64	0,61	0,20

Uit deze 2 tabellen blijkt, dat het verschil in n bij het begin van de granieten-torens, $= 2,41 - 2,02 = 0,39$, aan het einde gereduceerd is tot $0,64 - 0,61 = 0,03$.

De door het bijvullen der stalen torens verkregen winst aan geabsorbeerde stikstofoxyden gaat dus grotendeels weer verloren door de geringere absorptie in het granieten gedeelte, welke hiervan het gevolg is.

Stelt men het rendement van de alkalische absorptie op 65 % en neemt men aan, dat dit rendement constant blijft bij een kleine verandering van de inlaat-hoeveelheid aan stikstofoxyden, dan bedraagt de winst aan stikstofoxyden 35 % van $0,03 = 0,01 \text{ kmol/m}^2\text{h}$.

Dit komt overeen met een besparing van 24,8 ton N/jaar; in geld uitgedrukt f 12.400,-/jaar (zie rapport DR 274).

Volledigheidshalve wordt nog een berekening vermeld over de invloed van het bijvullen van toren A alleen, tot 1,5 m van boven.

Tabel 10
Toren A, bijgevuld

a=8

Inlaat toren A	m=3,59	n=4,85	x=0,20
" " B	1,67	2,98	0,67
" " C	1,31	2,12	0,67
Uitlaat toren C	1,15	1,66	0,64

De daling van n bedraagt 0,14; vergeleken bij 0,29 verkregen door het bijvullen van alle torens.

De uiteindelijk te behalen winst zal nu ongeveer de helft of 12,4 ton N/jaar bedragen.

Vergroting van de oxydatiesnelheid aan het einde der granieten torens

Tenslotte zijn nog enkele berekeningen uitgevoerd over de vervanging (of verbouwing) van granieten torens door torens volgens het Kuhlmann-systeem.

Door Kuhlmann werd gevonden, dat het bij de absorptie van $\text{NO}_2(\text{N}_2\text{O}_4)$ gevormde NO bijna onmiddellijk gereoxydeerd wordt, indien het wordt gemengd met lucht en in contact is met salpeterzuur.

In welke mate de oxydatiesnelheid wordt vergroot in vergelijking met de normale oxydatie in de gasfase is niet bekend, maar wij hebben aangenomen, dat de snelheidsconstante k met een factor 10 wordt vergroot.

Indien men de laatste granieten toren vervangen denkt door een Kuhlmann toren, dan geeft de berekening voor het granieten gedeelte:

Tabel 11
Toren 6 k 10 x zo groot

a=80

T1b	m=1,97	n=2,48	x=0,38
T2b	2,25	1,64	0,23
T3b	2,02	1,38	0,32
T4b	1,88	1,06	0,23
T5b	1,79	0,92	0,25
T6b	1,72	0,38	0,20
T6e	1,48 (1,66)	0,53 (0,70)	0,47 (0,20)

(T1b = toren 1 aan het begin enz.)

De beginwaarden van m, n en x zijn dezelfde als toegepast in rapport DR 274 en gebaseerd op gasanalyses. Ter vergelijking zijn voor de laatste toren, tussen haken, de eindwaarden in de bestaande toestand opgegeven. Men ziet, dat de n-waarde aanmerkelijk is gedaald en de oxydatiegraad van het gas, x, sterk is toegenomen.

Wordt voor de laatste 3 torens k 10 x zo groot genomen, dan verkrijgt men:

Tabel 12

Torens 4,5 en 6, k 10 x zo groot

a=80

T1b	m=1,97	n=2,48	x=0,38
T2b	2,25	1,64	0,23
T3b	2,02	1,38	0,32
T4b	1,88	1,06	0,23
T5b	1,54 (1,79)	0,68 (0,92)	0,53 (0,25)
T6b	1,43 (1,72)	0,42 (0,78)	0,43 (0,20)
T6e	1,38 (1,66)	0,32 (0,70)	0,44 (0,20)

Kiest men voor de laatste toren k 100 x zo groot, dan verkrijgt men

Tabel 13

Toren 6, k 100 x zo groot

a=80

T6e	m=1,32 (1,66)	n=0,30 (0,70)	x=0,76 (0,20)
-----	---------------	---------------	---------------

De cijfers tussen haken geven weer de bestaande toestand aan.

Tenslotte werd nog een berekening uitgevoerd, waarbij voor de laatste 3 torens k 100 x zo groot werd gesteld.

Tabel 14

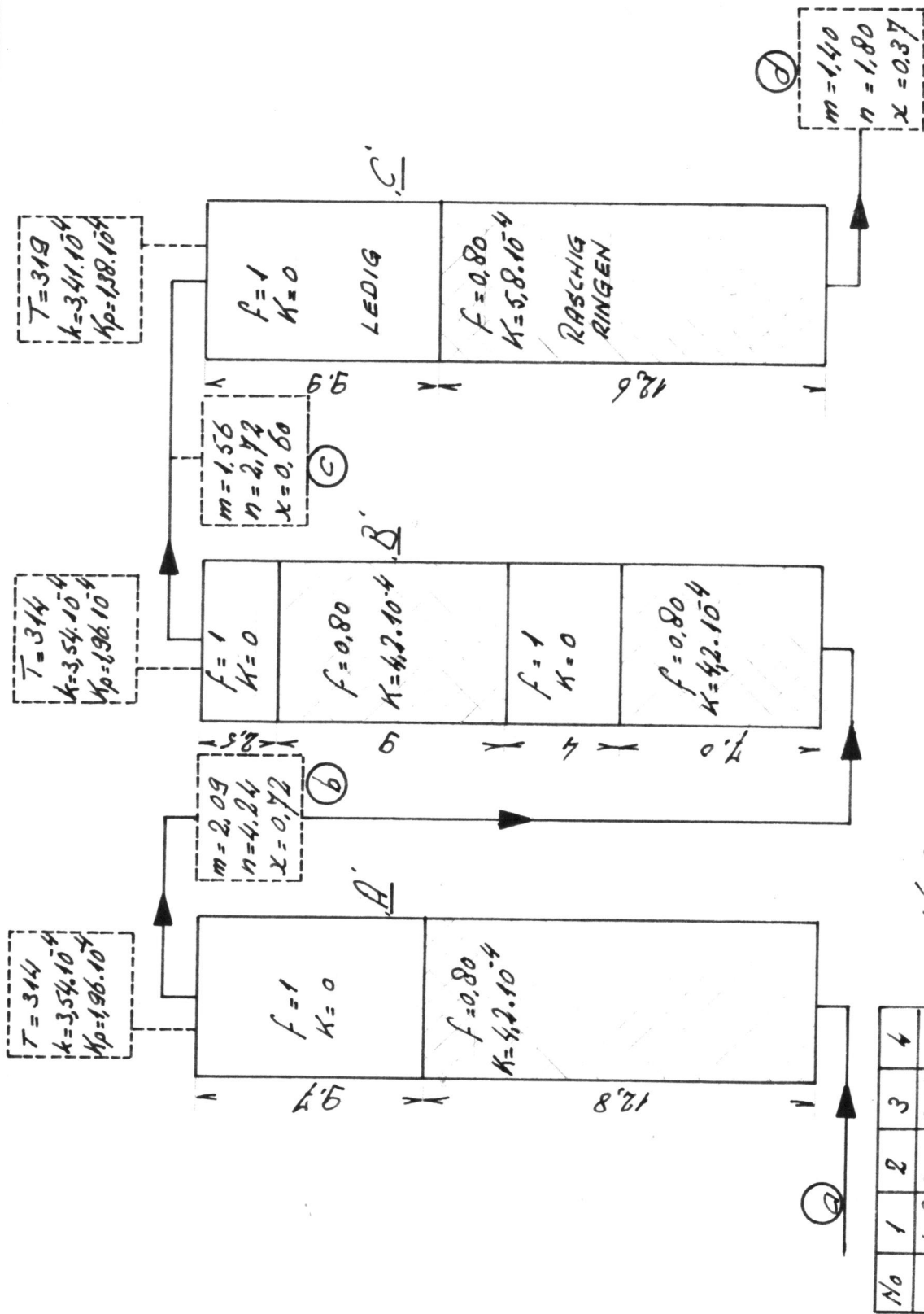
Torens 4,5 en 6, k 100x zo groot

a=80

T1b	m=1,97	n=2,48	x=0,38
T2b	2,25	1,64	0,23
T3b	2,02	1,38	0,32
T4b	1,88	1,06	0,23
T5b	1,38 (1,79)	0,49 (0,92)	0,81 (0,25)
T6b	1,30 (1,72)	0,23 (0,78)	0,70 (0,20)
T6e	1,27 (1,66)	0,16 (0,70)	0,69 (0,20)

m.t n=0,70 correspondeert een volume-percentage stikstofoxyden in het gas = 1,16 %; hieruit volgt, dat bij n=0,16 dit percentage = 0,27, d.w.z. lager dan het percentage stikstofoxyden in het eindgas van de alkalische absorptie.

Hoewel de resultaten van de berekeningen geen kwantitatieve betekenis hebben, blijkt wel duidelijk, dat verbetering van de oxydatie een belangrijke invloed heeft op de werking van de absorptie-installatie en dat het van belang is over gegevens te beschikken van het Kuhlmann-systeem.



GETEK.: *[Signature]*

GECONTR.: *[Signature]*

GOEDGEK.:

GEZIEN:

DATUM
28/9/59

SCHAAL
—

INTEGRATIE SCHEMA

STALEN ABSORPTIE TORENS.

FIGUUR 1
S. Z. F. 1



N. V. MIJ. TOT EXPLOTATIE VAN
KOOKSOVENGASSEN (MEKOG)
IJMUIDEN

FORMAAT
A-4

DR 288

LEGGER NUMMER

LEGGER