

# PRZEMYSŁ CHEMICZNY

MIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM POLSKIEGO PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO, WYDAWANY STARANIEM STOW. „CHEMICZNY INSTYTUT BADAWCZY“ WE LWOWIE, I POL. TOW. CHEMICZNEGO W WARSZAWIE ORAZ Z ZASIŁKIEM WYDZIAŁU NAUKI MINISTERSTWA WYZNAŃ RELIGIJNYCH I OŚWIECENIA PUBLICZNEGO

---

---

NR. 6.

LWÓW, CZERWIEC 1925.

ROCZNIK IX.

---

---

REDAKTOR: PROF. DR. KAZIMIERZ KLING

---

---

TREŚĆ Nr. 6: Prof. Dr. W. Dominik: Teoria wymywania w przeciwprądzie i ciągła metoda Dorr'a, str. 137. — Prof. Cz. Grabowski: Zjawiska w kolumnie rektyfikacyjnej w oświetleniu graficznym (dokończenie), str. 147. Ze spraw gospodarczych przemysłowych i handlowych, str. 152.

---

---

PROF. DR. W. DOMINIK.

## TEORJA WYMYWANIA W PRZECIWPŁĄDZIE I CIĄGŁA METODA DORR'A.

W „Zeitschrift für angewandte Chemie“ ukazało się w roku zeszłym sprawozdanie Meyera<sup>1)</sup> o ciągłej metodzie dekantacji w przeciwprądzie Dorr'a. Sądząc, że i u nas sprawa ta może zainteresować technologów chemików, postaram się przedstawić pokrótce tę metodę, przyczem pozwolę sobie potraktować kwestję dekantacji ciągłej w sposób ogólny.

Wymywanie przez dekantację w przeciwprądzie polega na tem, że roztwór, zawierający zawiesinę poddajemy odstawaniu, potem zbieramy część klarowną roztworu, pozostałe błoto zadajemy roztworem słabszym i po wymieszaniu znowu pozostawiamy do odstania. Otrzymany klarowny roztwór jest już teraz słabszy i używamy go do wymycia błota z mocniejszego roztworu, pozostałe zaś błoto znowu mieszamy z jeszcze słabszym klarownym roztworem i postępujemy jak poprzednio. Gdy wreszcie wymycie osiągnęło

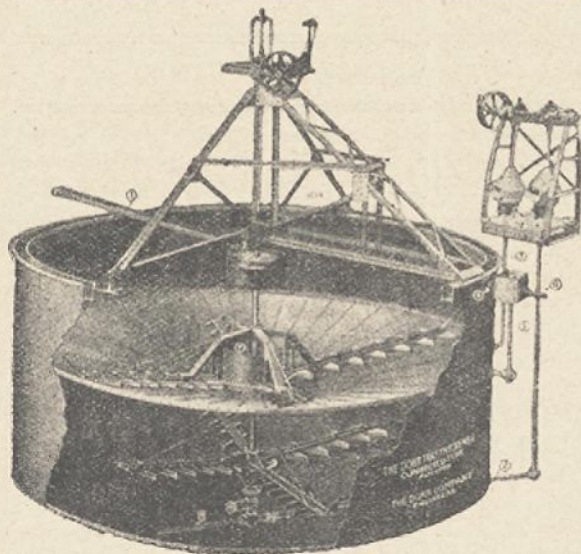
---

<sup>1)</sup> Z. f. angew. Chem. 1924 str. 419, a także Liddell, Handbook of Chemical Engineering. 286.

odpowiedni stopień, pozostałe błoto mieszamy z czystą wodą i w ten sposób po odstaniu uzyskujemy najslabszy roztwór służący do płókania i najbardziej „oczyszczone“, wymyte błoto.

Metoda firmy Dorr et Comp., która ten sposób wykształciła w postępowanie ciągłe, przedstawia się następująco:

Naprzód przygotowuje się w odpowiednich naczyniach reakcyjnych zawiesinę, przeznaczoną do wymywania. Zawiesinę tę wprowadza się do t. zw. zagęszczacza Dorr'a (Dorr thickener), naczynia cylindrycznego z dnem słabo stożkowatym. W środku dna, w najgłębszym jego miejscu, znajduje się odpływ zagęszczonego błota, połączony z pompą tłokową, przetłaczającą



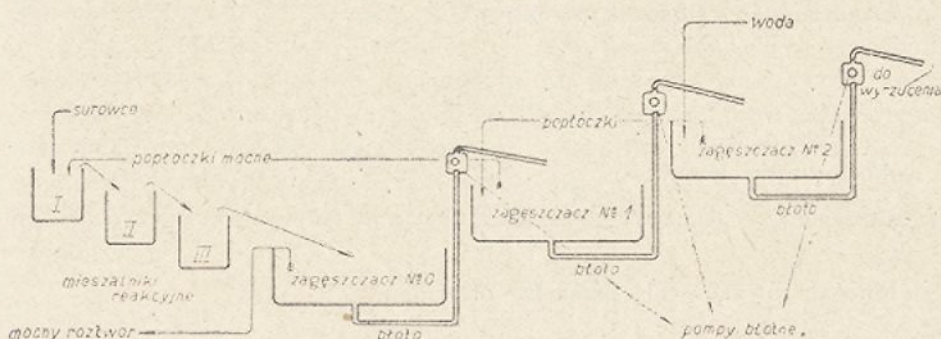
Rys. 1.

stale osadzające się błoto do następnego podobnego naczynia. Równocześnie doprowadza się świeżą zawiesinę względnie (do dalszych zagęszczaczy) zagęszczone błoto wraz ze słabszymi popłóczkami, kierując dopływ dobrze rozbełtanej mieszaniny do cylindra bez dna umieszczonego w środku zagęszczacza na centrycznej osi. Wspomniany cylinder ma za zadanie tłumienie falowania, powstającego przy doprowadzaniu nowej zawiesiny. Doprowadzana zawiesina przelewa się dowolnie ku obwodowej rynnie, przyczem stałe cząstki

opadają po drodze coraz niżej, tak że do rynny dochodzi tylko klarowna ciecz, odpływająca rurą dalej nazewną. Tuż ponad dnem poruszają się wolno osadzone na uruchomionym od góry wale grabki, które zgarniają części stałe ku środkowi dna, skąd gęste błoto zabiera wymieniona pompa. W ten sposób błoto przechodzi przez kilka zagęszczaczy, spotykając się z coraz słabszymi popłóczkami a wreszcie z wodą. Bezpośrednio po reakcji zawiesina odstaje się w takim samym zagęszczaczu, do którego jednak nie dodaje się popłóczek najmocniejszych, które natomiast idą do naczynia reakcyjnego. Klarowny roztwór z pierwszego odstawania idzie do dalszej przeróbki, zaś błoto zabiera od dołu pompa do pierwszego przepłókania. Schemat takiego urządzenia przedstawia rysunek 1. zaś na rys. 2. widać zagęszczacz Dorra dwustopniowy. (Mogą być zagęszczacze pojedyncze i wielostopniowe).

O ile mi wiadomo, ogólna teoria dekantacji w przeciwrządzie nie była dotąd podana, zaś firma Dorr w prospektach swoich podaje tylko od wypadku do wypadku obliczenia wydajności procesu, nie wchodząc ani w rozkład koncentracji w poszczególnych naczyniach, ani wogóle w różne szczegóły procesu.

Ażeby się bliżej z tem zagadnieniem zapoznać, przypuśćmy, że mamy baterję naczyń o jednakowych wymiarach i przeprowadzamy w nich dekantację w poprzednio podany sposób, tak, aby objętości klarownego płynu brane do przemywania były we wszystkich naczyniach jednakowe i aby we wszystkich naczyniach po zlanie klarownego roztworu pozostawały jednakowe objętości błota.



Rys. d.

Rys. 2.

Niech w jednym metrze sześciennym zawiesiny znajduje się  $B$  tonn suchej substancji o ciężarze właściwym „ $s$ ” i niech odbierana objętość płynu klarownego wynosi „ $\alpha$ ”  $m^3$ . Weźmy pod uwagę któreś z naczyń, którego liczba porządkowa w szeregu wynosi „ $r$ ”, licząc za pierwsze naczynie to, w którym odbywa się pierwsze przemywanie.

Oznaczmy koncentrację roztworu w  $r$ -tem naczyniu przez  $c_r$ , rozumiejąc pod tem ilość kilogramów ciała rozpuszczonego w litrze roztworu.

Jakie będą koncentracje roztworów w innych naczyniach?

Roztwór  $r$  powstał przez zmieszanie objętości  $\left(1 - \alpha - \frac{B}{s}\right)$  roztworu mocniejszego o koncentracji  $c_{r-1}$ , która to objętość pozostała w błocie, z objętością  $\alpha$  roztworu słabszego o koncentracji  $c_{r+1}$ .

Mamy więc:

$$\left(1 - \alpha - \frac{B}{s}\right) c_{r-1} + \alpha c_{r+1} = \left(1 - \frac{B}{s}\right) c_r$$

lub

$$\left(1 - \alpha - \frac{B}{s}\right) c_{r-1} + \alpha \cdot c_{r+1} = \left(1 - \alpha - \frac{B}{s}\right) c_r + \alpha \cdot c_r$$

czyli

$$\left(1 - \alpha - \frac{B}{s}\right) (c_{r-1} - c_r) = \alpha (c_r - c_{r+1})$$

lub też

$$\frac{c_{r-1} - c_r}{c_r - c_{r+1}} = \frac{\alpha}{1 - \alpha - \frac{B}{s}} \dots \dots \dots (1)$$

Wyrażenie po prawej stronie równania oznacza stosunek objętości spuszczonego z naczynia klarownego płynu do płynu pozostałego w błoście. Oznaczmy ten stosunek przez

$$b = \frac{\alpha}{1 - \alpha - \frac{B}{s}}$$

Analogicznie mamy:

$$\frac{c_{r-2} - c_{r-1}}{c_{r-1} - c_r} = b \dots \dots \dots (2)$$

Mnożąc równanie (1) przez (2) otrzymamy:

$$\frac{c_{r-2} - c_{r-1}}{c_r - c_{r+1}} = b^2,$$

postępując zaś dalej tak samo, dojdziemy do równania

$$\frac{c_{r-n} - c_{r-n+1}}{c_r - c_{r+1}} = b^n \dots \dots \dots (3)$$

Przekształcając równanie (2) mamy:

$$c_{r-1} - c_r + b c_{r+1} - b \cdot c_r = 0.$$

Podobnie dla naczynia o liczbie porządkowej  $r-n$  i sąsiednich jest

$$c_{r-n} - c_{r-n+1} + b \cdot c_{r-n+2} - b \cdot c_{r-n+1} = 0$$

$$c_{r-n+1} - c_{r-n+2} + b \cdot c_{r-n+3} - b \cdot c_{r-n+2} = 0$$

$$c_{r-n+2} - c_{r-n+3} + b \cdot c_{r-n+4} - b \cdot c_{r-n+3} = 0$$

$$c_{r-1} - c_r + b \cdot c_{r+1} - b \cdot c_r = 0.$$

Dodając powyższe równania otrzymujemy:

$$c_{r-n} - c_r + b \cdot c_{r+1} - b \cdot c_{r-n+1} = 0$$

lub

$$\frac{c_{r-n} - c_r}{c_{r-n+1} - c_{r+1}} = b \dots \dots \dots (4)$$

Gdy  $r = n$ , równania (3) i (4) przyjmują postać

$$\frac{c_0 - c_1}{c_r - c_{r+1}} = b' \dots \dots \dots (3')$$

względnie

$$\frac{c_0 - c_1}{c_1 - c_{r+1}} = b \dots \dots \dots (4')$$

Łatwo sobie zdać sprawę, co oznaczają poszczególne wyrazy równań (3') i (4').

Koncentracje od  $c$  do  $c_r$  odpowiadają roztworom w naczyniach o liczbach porządkowych 1 do  $r$ .  $C_0$  oznacza koncentrację roztworu w błocie, które po rozcieńczeniu słabszym roztworem da roztwór  $c_1$ , natomiast  $c_{r+1}$  oznacza koncentrację słabego roztworu, który ma służyć do rozmieszania z błotem przedostatniego naczynia ( $r - 1$ ). Niech będzie  $c_{r+1} = 0$ , t. j. niech to będzie czysta woda, ponadto zaś umówmy się, że  $c_0 = a$  i że wartość ta jest naprzód ustalona co zgadza się z praktyką. (N. p. przy fabrykacji ługu koncentracja roztworu musi być około dwunormalna ze względu na najodpowiedniejszy stan równowagi).

Równania (3') i (4') przyjmują wobec poprzednich założeń postać następującą:

$$a - c_1 = c_r \cdot b'$$

$$a - c_r = c_1 \cdot b$$

albo też

$$c_1 = a - c_r \cdot b' \dots \dots \dots (5)$$

$$c_r = a - c_1 \cdot b \dots \dots \dots (6)$$

Wreszcie podstawiając jedno w drugie i logarytmując mamy także:

$$r = \frac{\log(a - c_1) - \log(a - c_1 b)}{\log b} \dots \dots \dots (7)$$

lub

$$r = \frac{\log(ab - a + c_r) - \log c_r - \log b}{\log b} \dots \dots \dots (8)$$

Równanie (8) pozwala nam znaleźć, ile razy trzeba wymyć według opisanej zasady powtórzyć, t. j. jakie musi być  $r$ , aby pierwotna koncentracja  $a$  spadła na  $c_r$ .

Równania powyższe zawodzą, gdy  $b = 1$ .

Wtedy możemy jednak posłużyć się następującym rozumowaniem.

Równanie (2) daje dla  $b = 1$

$$c_{r-2} - c_{r-1} = c_{r-1} - c_r$$

to znaczy różnica koncentracji pomiędzy roztworami sąsiadującymi jest dla  $b = 1$  stała. Zatem cała różnica koncentracji między  $c_0$  i  $c_{r+1}$  czyli między

braną do wymywania zawieszoną a czystą wodą rozkłada się na  $r + 1$  równych różnic. Mamy więc:

$$c_0 - c_{r+1} = a = (r + 1) (c_{r-1} - c_r).$$

Oznaczmy ten spadek koncentracji:  $c_{r-1} - c_r = \varepsilon$  a otrzymamy dla  $b = 1$

$$\varepsilon = \frac{a}{r + 1} \dots \dots \dots (9)$$

Ponieważ zaś wtedy  $c_r = \varepsilon$ , więc można napisać:

$$r = \frac{a - c_r}{c_r} \dots \dots \dots (10)$$

Łatwo też w tym wypadku oznaczyć koncentrację roztworu po  $n$ -tem przemyciu, mianowicie będzie:

$$c_n = a - n\varepsilon \dots \dots \dots (11)$$

Rozważmy teraz jeszcze ten wypadek, gdy  $b < 1$ .

W tym celu weźmy pod uwagę równanie (8).

Widać, że przy dostatecznie małym  $b$

$$\log (ab - a - c_r)$$

może jako logarytm liczby ujemnej stracić praktyczne znaczenie. Zatem równanie (8) ma realną wartość pod warunkiem, że

$$ab - a - c_r \geq 0,$$

czyli gdy

$$b \geq \frac{a - c_r}{a}.$$

Gdy  $b$  staje się równe  $\frac{a - c_r}{a}$ ,

$$\log (ab - a - c_r)$$

zdąży do  $-\infty$ , ponieważ zaś w tych warunkach  $\log b$  jest ujemny, przeto  $r$  zdąży do  $+\infty$ , to znaczy, że dla  $b = \frac{a - c_r}{a}$  potrzeba nieskończenie wiele razy przeprowadzić dekantację zawiesziny według przytoczonej zasady, aby z koncentracji  $a$  zejść do koncentracji  $c_r$ .

Jasnym jest wobec tego, że  $b < \frac{a - c_r}{a}$  jest wogóle niemożliwe.

Chcąc znaleźć koncentrację roztworu po  $n$ -krotnym przepłókanu według zasady przeciwprądu, w ogólnym wypadku, musimy znowu wyjść z równań (3) i (4).

Uwzględniając, że koncentracja po  $n$ -krotnym przepłókanu zależy tak samo od tego, przez ile naczyń przeszła woda, którą wzięliśmy do płó-

kania najniższego błota, zanim dostała się do naczynia  $n$ -tego dochodzimy <sup>1)</sup> do równania:

$$c_n = c_0 \cdot \frac{b^{r-n+1} - 1}{b^{r+1} - 1} \dots \dots \dots (12)$$

Równanie (12) można też przedstawić inaczej.

Jeśli mianowicie prawą stronę uprościmy przez  $(b - 1)$ , otrzymamy:

$$c_n = c_0 \cdot \frac{b^{r-n} + b^{r-n-1} + \dots + b^0}{b^r + b^{r-1} + \dots + b^0}$$

Dla  $b = 1$  każdy z wyrazów licznika i mianownika jest równy 1, jest ich zaś w liczniku  $(r - n + 1)$ , zaś w mianowniku  $r + 1$ . Wobec tego w wypadku  $b = 1$  jest:

$$c_n = c_0 \cdot \frac{r - n + 1}{r + 1} = c_0 \left( 1 - n \frac{1}{r + 1} \right),$$

to zaś ostatnie równanie przechodzi dla  $n = r$  w równanie  $c_r = c_0 \frac{1}{r + 1}$ .

Gdy weźmiemy pod uwagę, że  $c_0 = a$ , widzimy, że dwa ostatnie równania są identyczne z równaniami (11) i (9), które otrzymaliśmy skądinąd, przy uwzględnieniu, że  $\frac{a}{r + 1} = r = \varepsilon$  jest w wypadku  $b = 1$  stałym ubytkiem koncentracji po jednorazowym przemyciu według przytoczonej na początku zasady.

<sup>1)</sup> Z równań (3) i (4) mamy:

$$\frac{c_n - c_{n+1}}{c_r - c_{r+1}} = b^{r-n}, \quad \frac{c_n - c_r}{c_{n+1} - c_{r+1}} = b.$$

Podstawiając za  $c_r$  wartość z jednego równania w drugim i przyjmując  $c_{r+1} = 0$  otrzymujemy:

$$\frac{c_{n+1}}{c_n} = \frac{1 - b^{r-n}}{1 - b^{r-n+1}}.$$

Tak samo wychodząc z

$$\frac{c_0 - c_1}{c_n - c_{n+1}} = b^n, \quad \frac{c_0 - c_n}{c_1 - c_{n+1}} = b$$

mamy:

$$\frac{c_{n+1}}{c_n} = \frac{1 - b^{n+1}}{b(1 - b^n)} = \frac{c_0}{c_n} \cdot \frac{1 - b}{b(1 - b^n)}$$

Porównując obie wartości na  $\frac{c_{n+1}}{c_n}$  otrzymujemy:

$$\frac{c_n}{c_0} = \frac{(1 - b)(1 - b^{r-n+1})}{(1 - b^{n+1})(1 - b^{r-n+1}) - b(1 - b^n)(1 - b^{r-n})}$$

co po przekształceniu daje równanie (12).





Podane zestawienie, dające się też łatwo przenieść na papier milimetry dla uzyskania odpowiedniego wykresu, pozwala nam bardzo dobrze orjentować się w rezultatach, jakie się zapomocą wymywania w przeciwnym kierunku dają osiągnąć. Jeżeli oznaczymy przez  $w$  wydajność dekantacji t. j. ułamek, wskazujący jaką część ciała rozpuszczonego udało się wydobyć z błota w postaci klarownego roztworu, to mamy:

$$w = \frac{a - c_r}{a} \quad \text{albo:}$$

$$w = \frac{\frac{a}{c_r} - 1}{\frac{a}{c_r}}$$

Wtedy zaś równanie (8) przyjmuje kształt:

$$r = \frac{\log \left( 1 - \frac{b - 1}{w - 1} \right)}{\log b} - 1 \dots \dots \dots (8')$$

Wstawiając w poprzednią tabelkę „ $w$ “ na miejsce odpowiedniego  $\frac{a}{c_r}$ , otrzymamy dogodniejszą do sporządzania wykresów tabelę jak następuje:

$r =$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	$\infty$
$b$	Odpowiadające wartości $w$										
10	0,991										
5	0,970	0,993									
3	0,923	0,975	0,992	0,997							
2	0,857	0,933	0,970	0,985	0,992	0,996	0,998				
1,5	0,787	0,876	0,924	0,952	0,970	0,980	0,987	0,991	0,994		
1,2		0,815	0,865	0,899	0,923	0,939	0,952	0,960	0,970		
1,1			0,836	0,870	0,895	0,912	0,940	0,937	0,946	0,985	
1,0					0,857	0,875	0,889	0,900	0,909	0,952	
0,9							0,836	0,846	0,855	0,888	0,900
0,8								0,783	0,787	0,800	0,800
0,7											0,700
0,6											0,600
0,5											0,500

Jak zaznaczono, przez  $w$  rozumieć należy wydajność procesu wymywania w przeciwnym kierunku. Należy tutaj zwrócić uwagę, że praktycznie wymywanie

w przeciwwąrdzie stosowane przy rozdzielaniu produkt6w pewnej reakcji ma ten rezultat, że daną reakcję przeprowadza się nie w czystej wodzie, tylko w popłóczkach, tak, że pewna część produktu krąży ciągle w koło. Ilość gotowego produktu, odbieranego z koła jest tylko częścią ilości znajdujacej się w naczyniu reakcyjnym. Wydajność procesu reakcji, posługujacego się wymywaniem w przeciwwąrdzie będzie inna niż wydajność samego wymywania.

Przypuścimy, że proces reakcji polega na przechodzeniu do roztworu pewnej ilości ciała rozpuszczalnego o c. wł. „g“, przyczem dla prostoty, kontrakcja, jaka mogłaby przy rozpuszczaniu zachodzić, niech wynosi zero. Przypuścimy dalej, że na każdą objętość „b“ doprowadzonych do reakcji popłóczek przechodzi do roztworu S części wagowych ciała rozpuszczalnego. Suma objętości doprowadzonej do wymywania i reakcji wody i ciał stałych będzie równa sumie objętości odprowadzonego stężonego roztworu „β“ i wody z błotem. Pomijając błoto, przy założeniu, że nie bierze ono udziału w reakcji i nie zmienia swej objętości<sup>1)</sup> mamy:

$$b + \frac{S}{g} = \beta + 1,$$

to znaczy, że objętość doprowadzonych do reakcji popłóczek i objętość doprowadzonego rozpuszczalnego ciała stałego równa się sumie objętości odprowadzonego w tym samym czasie stężonego roztworu i objętości roztworu zawartego w błocie przeznaczonym do wypłókiwania.

Wiemy jednak, że:

$$S = a\beta + c_r, \text{ lub}$$

$$\frac{S}{a} = \beta + \frac{c_r}{a} = \beta + 1 - w.$$

Stąd

$$b + \frac{a\beta + (1 - w)a}{g} = \beta + 1,$$

czyli

$$\beta = \frac{b - 1 + (1 - w)\frac{a}{g}}{1 - \frac{a}{g}} \dots \dots \dots (13)$$

Przy wydatkach bardzo wysokich, gdy

$w \rightarrow 1$  mamy:

$$\beta \rightarrow \frac{b - 1}{1 - \frac{a}{g}} \dots \dots \dots (14)$$

<sup>1)</sup> Często tak nie jest, jednak i wtedy zmiany w objętości ciał stałych są zwykle minimalne.

Widzimy, że w tych warunkach  $\beta$  tylko wtedy jest większe od zera, gdy  $b > 1$ , podczas gdy samo wymycie błota daje się przeprowadzić przy wartościach  $b$  mniejszych od jedności.

Wydajność całego procesu, oznaczmy ją przez  $\varphi$ , będzie się równać:

$$\varphi = \frac{a\beta}{S} = \frac{\beta}{S/a} = \frac{\beta}{\beta + 1 - w} = \frac{1}{1 + \frac{1-w}{\beta}}$$

Wstawiając wartość na  $\beta$  z równania (13) i przekształcając, otrzymujemy:

$$\varphi = \frac{1 + \frac{a}{g} \cdot \frac{1-w}{b-1}}{1 + \frac{1-w}{b-1}} \dots \dots \dots (15)$$

Jeżeli „ $w$ ” zbliża się do jedności, jeżeli dalej  $\frac{a}{g}$  jest dostatecznie małe, co zachodzi w wypadkach, gdy jako gotowe roztwory odbieramy rozcieńczone roztwory różnych soli, wtedy równanie (15) przybiera postać:

$$\varphi = 1 - \frac{1-w}{b-1} \dots \dots \dots (16)$$

Załączona tabelka podaje wydajności całego procesu „ $\varphi$ ” w zależności od „ $w$ ” i „ $b$ ”.

$w =$	0,99	0,98	0,97	0,95
$b$	Odpowiadające wartości $\varphi$			
3			0,985	0,975
2,5				0,967
2	0,99	0,98	0,97	0,95
1,5	0,98	0,96	0,94	0,90
1,2	0,95	0,90	0,85	
1,1	0,90	0,80		

Czasem jednakowoż, gdy stosunek  $\frac{a''}{g}$  jest ostatecznie duży, musi się nawet przy dużych wartościach „w” brać pod uwagę wartości na „β” z równania (14) i wtedy mamy:

$$\varphi = \frac{1}{1 + \frac{1-w}{b-1} \left(1 - \frac{a}{g}\right)},$$

lub w przybliżeniu

$$\varphi = 1 - \frac{1-w}{b-1} \left(1 - \frac{a}{g}\right) \dots \dots \dots (17)$$

Posługując się poprzednio wyprowadzonymi wzorami możemy z wszystkich szczegółów procesu ciągłego zdać sobie sprawę, stosując się one bowiem tak samo do procesu ciągłego jak i nieciągłego,

Gdy chodzi o zastosowanie wymywania w przeciwprądzie, rozporządzamy zwykle następującymi danymi:

1) Stężenie roztworu gotowego np. w tonnach na metr sześcienny, które oznaczyliśmy poprzednio przez „a”.

2) Ilość osadu powstająca podczas reakcji obok 1 m<sup>3</sup> roztworu. Oznaczmy tę ilość, wyrażoną w tonnach przez B’.

3) Spółczynnik odstawania „k”, podający ile m<sup>3</sup> roztworu pozostaje w błocie na jedną tonę ciał stałych<sup>1)</sup> po odstaniu.

4) Żądana wydajność całego procesu „φ”.

5) Ciężar właściwy ciała stałego będącego w roztworze „g”.

Wtedy z 1 m<sup>3</sup> roztworu musiałoby na samym początku procesu k B’ m<sup>3</sup> pozostać w błocie. Po ustaleniu się ruchu ilość ta będzie jednak zawsze wracać do raki z popłóczkami, tak że w ciągłym ruchu, mimo pozostawania roztworu w błocie, cały metr sześcienny będziemy mogli odebrać. Ilość k B’ m<sup>3</sup> cieczy będzie w procesie ciągle odbywać koło zamknięte. Wobec tego stosunek roztworu gotowego odbieranego do pozostającego w błocie, który poprzednio oznaczyliśmy przez „β”, będzie:

$$\beta = \frac{1}{k \cdot B'}.$$

Ponieważ zaś przy wysokich wydajnościach mamy według (14) w przybliżeniu

$$\beta = \frac{b-1}{1 - \frac{a}{g}},$$

<sup>1)</sup> Wartość „k” w miarę przemywania może maleć, co można wykorzystać, zmniejszając rozmiary dalszych zagęszczaczy.

przeto będzie:

$$b = 1 + \left(1 - \frac{a}{g}\right) \frac{1}{k \cdot B'} \dots \dots \dots (18)$$

Z równania (17) mamy dalej:

$$1 - w = (1 - \varphi) \frac{b - 1}{1 - \frac{a}{g}} = \frac{1 - \varphi}{k \cdot B'}$$

co po wstawieniu w równanie (8') daje:

$$r = \frac{\log \left[1 + \left(1 - \frac{a}{g}\right) \frac{1}{1 - \varphi}\right]}{\log \left[1 + \left(1 - \frac{a}{g}\right) \frac{1}{k \cdot B'}\right]} - 1 \dots \dots (19)$$

W ten sposób znajdujemy więc ilość potrzebnych przepłókiwań dla danych warunków procesu.

Znając „w“ i „a“ znajdujemy też  $c_r$ , jak również i koncentracje w poszczególnych naczyniach.

Jako przykład liczbowy niech posłuży kaustyfikacja sody zapomocą wapna.

Niech będzie:  $a = 0,08$ ,  $B' = 0,1$ ,  $k = 1$ ,  $\varphi = 0,999$ ,  $g = 2,13$ .

W tym wypadku:

$$r = \frac{\log 961}{\log 10,6} - 1 = 2,9 - 1 = 1,9 \approx 2.$$

A więc przez dwukrotne wymycie błota w przeciwprądzie można już osiągnąć 99,9% wydajności, oczywiście po uprzednim oddzieleniu błota od klarownego gotowego roztworu w pierwszym zagęszczaczu. Potrzeba więc razem trzy zagęszczacze, jak na rys. 2.

Jako inny przykład weźmy podwójną wymianę między gipsem a węglanem amonu<sup>1)</sup>. Tutaj możemy dochodzić w gotowym roztworze do koncentracji 500 gr na litr, co odpowiada utworzeniu się 380 gr  $CaCO_3$ . Z powodu większego ciężaru właściwego roztworu, osadzanie węglanu wapnia będzie trudniejsze, wobec czego „k“ będzie większe n. p.  $k = 3$ . Ciężar właściwy siarczanu amonu  $g = 1,77$  zaś „ $\varphi$ “ niech będzie 0,99.

<sup>1)</sup> Tak tutaj jak i w poprzednim wypadku nie należy zapominać o założeniu poprzednio przyjętem, że ciało stałe w naczyniu reakcyjnym przechodzi do roztworu i stąd pochodzi wyraz  $\frac{a}{g}$  w równaniu (19). Inaczej mówiąc przyjmujemy w obu omawianych przykładach, że zamiast stałej sody i wapna mamy gotowy stały  $NaOH$  i  $CaCO_3$  względnie zamiast stałych  $CaSO_4$  i  $Am_2CO_3$  są  $CaCO_3$  i  $AmSO_4$  gotowe do wylugiwania.

Wtedy:

$$r = \frac{\log \left[ 1 + \left( 1 - \frac{0,5}{1,77} \right) \frac{1}{0,99} \right]}{\log \left[ 1 + \left( 1 - \frac{0,5}{1,77} \right) \frac{1}{3,0,38} \right]} - 1$$

$$r = \frac{\log 72}{\log 1,63} - 1 = 7,8 \approx 8.$$

A więc dla osiągnięcia wydajności 99% wystarcza ośmiokrotne prze-  
mycie w przeciwprądzie, czyli dziewięć zagęszczaczy.

Koncentracja końcowa siarczanu, t. j. po ósmym wymyciu będzie wy-  
nosić 4,4 gr w litrze a daje się znaleźć z równania:

$$c_r = \frac{1 - q}{k B'} \cdot a.$$

Z innych możliwych zastosowań możnaby n. p. wymienić wylugowy-  
wanie cynku amonjakiem z ubogich galmanów według metody prof. Bo-  
guskiego.

Prospekty firmy Dorr podają zresztą dużo procesów, do których firma  
ta metodę swoją zastosowała.

Najważniejsze z nich to fabrykacja ługu, miazgi drzewnej, litoponu,  
siarczanu glinu i t. d.

Sądzę, że metoda Dorra wmywania osadów warta jest bliższego za-  
poznania się z nią i może także u nas znaleźć do różnych celów zastosowanie.

ZAKŁAD NIEORGANICZNEJ SZKOŁY GŁÓWNEJ GOSPODARSTWA WIEJSKIEGO W WARSZAWIE.

## ZUSAMMENFASSUNG.

Das Dorr'sche Verfahren des kontinuierlichen Auswaschens im Gegenstrom wird kurz  
beschrieben und das Auswaschen im Gegenstrom wird allgemeintheoretisch betrachtet. Die  
Formeln werden aufgestellt, welche die Einzelheiten des Verfahrens auf Grund einiger leicht  
bestimmbaren wenigen Angaben vorzuberechnen erlauben. Wenn feste und flüssige Be-  
standteile eines Reaktionsgemisches mittelst Auswaschens im Gegenstrom im Dauerbetriebe  
getrennt werden sollen, ist man gewöhnlich im Besitz folgender Angaben:

- 1) Konzentration der fertigen Lösung in Tonnen per m<sup>3</sup>, bezeichnet durch „a“.
- 2) Die Menge des Niederschlages, welche neben einem Kubikmeter der Lösung  
entsteht. Nennen wir diese Menge B' gleichfalls in Tonnen ausgedrückt.
- 3) Der Sedimentationskoeffizient „k“ d. h. Kubikmeter der Lösung auf eine Tonne  
der festen Körper im Schlamme.
- 4) Spezifisches Gewicht „g“ des in die Lösung gegangenen festen Körpers.
- 5) Die Ausbeute des Prozesses „q“ im Bruche der theoretischen Ausbeute ausgedrückt.

Bei diesen Bedingungen muß die Zahl der Waschungen wenigstens:

$$r = \frac{\log \left[ 1 + \left( 1 - \frac{a}{g} \right) \frac{1}{1 - \varphi} \right]}{\log \left[ 1 + \left( 1 - \frac{a}{g} \right) \frac{1}{k \cdot B'} \right]} - 1$$

betragen, wobei „ $r$ “ natürlich zu einer nächstgrößeren ganzen Zahl abgerundet werden muß. Die Formeln gestatten auch die Konzentration der Lösung in einem beliebigen  $n$ -ten Gefäß zu berechnen.

PROF. CZ. GRABOWSKI.

## ZJAWISKA W KOLUMNIE REKTYFIKACYJNEJ W OŚWIETLENIU GRAFICZNEM

(Dokończenie).

### VIII. Zasady regulowania pracy aparatu rektyfikacyjnego.

Bilans oddzielnej półki jest bilansem 4 czynników. Jeżeli oznaczmy:

jako  $A$  ilość pary, wchodzącej na półkę badaną z półki niżej położonej  
 $D$  „ cieczy „ „ „ „ „ „ wyżej „  
 $B$  „ „ odchodzącej z półki badanej na półkę niżej położoną  
 $C$  „ pary, „ „ „ „ „ „ „ wyżej „

$a, b, c, d$  — odpowiednie zawartości benzolu

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$  „ „ „ „ „ „ „ cieplne,

to otrzymamy 3 równania:

$$A + D = B + C$$

$$Aa + Dd = Bb + Cc$$

$$A\alpha + D\delta = B\beta + C\gamma$$

Jeżeli oznaczmy  $A + D = E$

$Aa + Dd = Ee$ , to widzimy, że moglibyśmy dwa czynniki, wshodzące na półkę, zastąpić fikcyjnie przez parę o składzie  $e$  i temperaturze tej samej, jaką posiada para  $A$ , ale pod warunkiem odpowiedniego zrównoważenia bilansu cieplnego  $Ee = Aa + D\delta + Q$  (gdzie  $e$  jest to zawartość cieplna owej „fikcyjnej pary“), t. j. przez odjęcie od substancji na półce odpowiedniej ilości ciepła. W ten sposób otrzymamy równanie:

$$Ee = B\beta + C\gamma + Q$$





W celu lepszego oddzielenia obydwóch składników należało by chłodzić górną część kolumny, pracującej systemem ciągłym,, (t. j. powyżej półki zasilanej), a dolną podgrzewać. Ogrzewanie całej kolumny ma rację bytu wtedy, gdy idzie nam o otrzymanie w stanie bardziej oczyszczonym tego ze składników, który posiada wyższy punkt wrzenia, natomiast usunięcie z kolumny izolacji ułatwi nam oczyszczenie składnika łatwiej wrzącego.

Jeżeli ilości ciepła, wprowadzone do kotła i odprowadzone przez deflegmator, przeliczymy na jednostkę cieczy surowej, to otrzymamy ilości  $Q_0'$  i  $Q_0$ , które rozpatrywaliśmy już na rysunku 21 (a mianowicie  $E_0E_3 = Q_0'$  i  $E_2E_3 = Q_0$ ). Jeżeli oznaczymy przez  $A$  ilość cieczy surowej, przez  $B$  ilość cieczy wyczerpanej, przez  $C$  — rektyfikatu, to bilans cieplny kolumny będzie

$$A\alpha + Q_0' \text{ (wprowadzono)} = B\beta + C\gamma + Q_0 \text{ (otrzymano)}$$

a zatem

$$A\alpha + (Q_0' - Q_0) = B\beta + C\gamma$$

lub

$$A\left(\alpha + \frac{Q_0' - Q_0}{A}\right) = A(\alpha + q_0) = B\beta + C\gamma$$

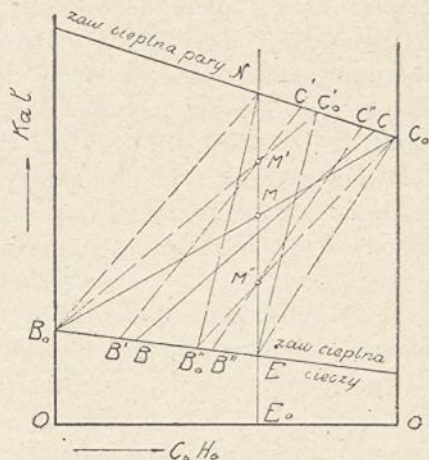
Zestawiając to ostatnie równanie z równaniami  $Aa = Bb + Cc$   
 $A = B + C$

otrzymamy wzór

$$\frac{(\alpha + q_0) - \beta}{a - b} = \frac{\gamma - (\alpha + q_0)}{c - a}$$

Jeżeli do zawartości cieplnej cieczy surowej  $\alpha = E_0E$  na wykresie cieplnym (rys. 35) dodamy odcinek  $EM = q_0$  to stan równowagi cieplnej, tym ostatnim wzorem ujęty, wyrazi nam każda prosta  $BMC$ , przez punkt  $M$  przechodząca. Pochylenie tej prostej może być różne i odpowiednio do tego różny może być podział cieczy surowej na rektyfikat i ciecz wyczerpaną.

Idealny wypadek mielibyśmy wtedy, gdyby punkt  $M$  leżał w punkcie  $M_0$  na prostej  $B_0C_0$ , łączącej zawartości cieplne pary czystego benzolu i cieczy czystego toluolu. Z wykresu widzimy, że  $q_0$  leży w pewnych ściśle określonych granicach. Najmniejsza wartość  $q$  będzie  $q_{\min.} = 0$ , a wtedy skład cieczy wyczerpanej będzie ten sam, co skład cieczy surowej, ilość rektyfikatu = 0. Wartość największa  $q_{\max.} = EN$ : wtedy cała ciecz surowa przejdzie do rektyfikatu. Tak więc prosta  $BC$  leży w polu czworoboku  $NB_0EC_0$ ; przekątna tego czworoboku  $B_0M_0C_0$  odpowiada idealnej pracy kolumny.



Rys. 35.

Jeśli punkt  $M$  leży wyżej od  $M_0$ , a mianowicie w punkcie  $M'$  to łącząc  $M'$  z  $B_0$ , otrzymamy punkt  $C_0'$  i prostą graniczną  $B_0M'C_0'$ , odpowiadającą największemu wyczerpaniu cieczy i najwyższemu składowi destylatu: jest to wypadek idealny dla danego  $q_0'$ . Wszystkie proste  $B'M'C'$  będą leżały w polu czworokąta  $NB_0EC_0'$ ; za punkt  $C_0'$  na prawo rektyfikat posunąć się nie może. Dążąc do jaknajdalej idącego podziału cieczy surowej, możemy otrzymać zawsze stosunkowo bardzo czysty toluol, ale zato otrzymamy większe ilości benzolu o podwyższonym punkcie wrzenia. O wypadku tym powiedzieć możemy, że deflegmacja pracuje zasłabo w porównaniu do destylacji.

Jeżeli punkt  $M'$  leży niżej od punktu  $M_0$ , to łącząc  $M'$  z  $C_0$ , otrzymamy punkt  $B_0''$  i prostą graniczną  $B_0''M'C_0$  odpowiadającą podziałowi idealnemu dla danego wypadku. Wszystkie proste  $B''M''C''$  leżą w polu czworokąta  $B_0''NC_0E$ ; za punkt  $B_0''$  na lewo ciecz wyczerpana posunąć się nie może. W wypadkach tych deflegmacja pracuje stosunkowo silniej niż destylacja, otrzymać możemy stosunkowo czysty benzol, ale otrzymany toluol będzie zawsze posiadał znacznie obniżony punkt wrzenia.

Z rysunku 35 widzimy, że dla każdego podziału cieczy surowej na dwie ściśle określone części składowe, (którym na wykresie cieplnym odpowiadają dwa określone punkty  $B$  i  $C$ ), egzystuje tylko jeden punkt  $M$ , t. j. jedna określona wielkość  $q_0$ , która odpowiada równaniu  $q_0 = Q_0' - Q_0$ , a zatem nieskończenie wielka ilość  $Q_0'$  i  $Q_0$ , które posiadają stałą różnicę  $q_0$ .

Z rozdziału VI (rys. 24 i 26) wiemy, że ilości ciepła  $q$  i  $q'$  (t. j. ilości ciepła usunięte przez deflegmator i otrzymane przez kocioł w przeliczeniu na jednostkę rektyfikatu i jednostkę cieczy wyczerpanej) oraz liczba pólek w odpowiedniej części kolumny do pewnego stopnia zastępują się wzajemnie. Z tego powodu przypuszczać należy, że dla danej kolumny, (t. j. dla określonej liczby pólki w obydwóch częściach tej kolumny), powiększając  $q_0$ , a zatem powiększając i  $Q_0'$ , zmniejszymy ilość cieczy wyczerpanej i poprawimy jej skład kosztem zanieczyszczenia rektyfikatu i powiększenia jego ilości<sup>1)</sup>; natomiast zmniejszając  $q_0$ , poprawimy rektyfikat, a pogorszymy skład cieczy wyczerpanej.

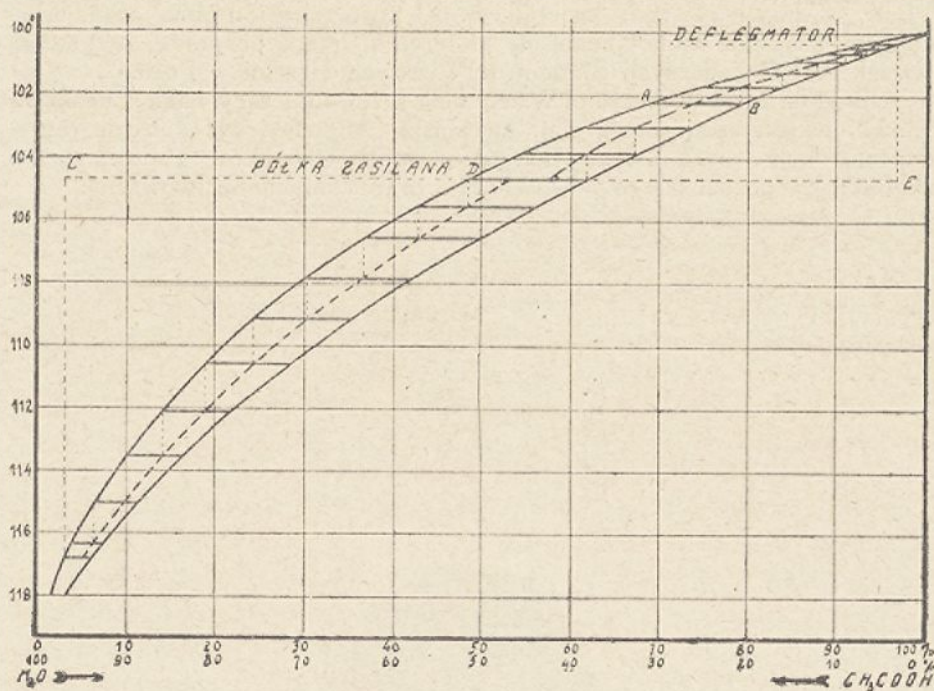
Przypuszczać również należy, że dla określonej (w sensie wyżej wspomnianym) kolumny, dla danej różnicy  $q_0$ , lecz dla różnych ilości  $Q_0'$  i  $Q_0$  odalenie punktów  $B$  i  $C$  zależy od liczby pólki i od absolutnych wielkości  $Q_0'$  i  $Q_0$ .

Przy projektowaniu kolumny powinniśmy zdawać sobie dokładnie sprawę, w jakich granicach ma się odbywać frakcjonowanie i jaki wpływ na stopień frakcjonowania i na rozchód ciepła będzie miała ta lub inna liczba pólki kolumny i podział tych pólki pomiędzy dwiema częściami kolumny. Posia-

<sup>1)</sup> Jako pierwsze przypuszczenie (o charakterze orientacyjnym) nasuwa się myśl, że linja  $BC$  przesunie się do góry równolegle do swej pozycji pierwotnej.

dając gotową (podzieloną na dwie części) kolumnę musimy zdawać sobie sprawę z tego, czy powiększenie absolutnych wielkości  $Q_0'$  i  $Q_0$  wywrze jeszcze widoczny wpływ na rozsuniecie punktów  $B$  i  $C$ .

Aby na te pytania odpowiedzieć, powinniśmy opracować dla danej cieczy surowej i różnej liczby pólek szereg krzywych, wyrażających zależność pomiędzy ilościami ciepła  $q$  lub  $q'$  oraz składem produktów rektyfikacji. Studja nad tym wykresem dadzą nam możność ująć ilościowo te zjawiska,



Rys. 36.

które w rozdziale niniejszym ogólnikowo opisaliśmy. Wielki wpływ na przebieg tych zjawisk wywrzeć musi skład cieczy surowej i forma samej izobary, która zależy od własności fizyczno-chemicznych mieszaniny, poddanej rektyfikacji.

Aby wpływ formy samej izobary na zjawiska w kolumnie rektyfikacyjnej zobrazować, załączam na rys. 36 wykres izobary mieszaniny kwasu octowego z wodą, na którym półki wyznaczone zostały metodą uproszczoną (w rozdz. II opisaną).

## ZE SPRAW GOSPODARCZYCH, PRZEMYSŁOWYCH I HANDLOWYCH.

---

### Związek Kół Chemicznych Studentów Wyższych Uczelni w Polsce.

Na Zjeździe Delegatów Kół Chemicznych Studentów Wyższych Uczelni w Polsce, który odbył się we Lwowie w sali I. Instytutu Chemicznego U. J. K. w dniach 4. i 5. kwietnia b. r. utworzono odrębną organizację skupiającą wszystkie Koła Chemiczne na terenie Rzeczypospolitej pod nazwą „Związek Kół Chemicznych Studentów Wyższych Uczelni w Polsce“.

Obradom przewodniczył p. W. Kemula przewodniczący Koła Chemików U. J. K., sekretarzami zostali p. p. Zalesiński i Migielski. Na Zjeździe reprezentowane były przez swych delegatów Koła Chemików Uniwersytetów krakowskiego, poznańskiego i lwowskiego oraz Politechniki lwowskiej.

---

---

---

Wydawca: „Chemiczny Instytut Badawczy“, Lwów.  
Redaktor odpowiedzialny: Prof. Dr. Kazimierz Kling.

---

Z DRUKARNI ZAKŁADU NARODOWEGO IMIENIA OSSOLIŃSKICH WE LWOWIE  
pod zarządem Józefa Ziemińskiego.