

Jadwiga STANICZEK

## ANALIZA PROCESU CHLOROWANIA ZWIĄZKÓW KADMU

**Streszczenie.** Przeprowadzono obliczenia termodynamiczne, badania derywatograficzne, badania rentgenowskie i badania laboratoryjne procesu chlorowania związków:  $\text{CdO}$ ,  $\text{CdCO}_3$  i  $\text{CdSO}_4$ . Obliczenia termodynamiczne dotyczyły reakcji chlorowania tych związków za pomocą  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  i  $\text{HCl}$ . Najniższe wartości potencjału termodynamicznego otrzymano przy zastosowaniu jako czynnika chlorującego  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$  i  $\text{HCl}$ . Badania derywatograficzne, rentgenowskie i laboratoryjne dotyczyły chlorowania za pomocą  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Rentgenograficzna ocena na podstawie intensywności linii jest zgodna z wynikami derywatograficznymi i obliczeniami termodynamicznymi.

Chlorek magnezowy jest dobrym czynnikiem chlorującym w odniesieniu do wszystkich rozpatrywanych związków. Natomiast reakcja chlorowania siarczynu za pomocą  $\text{HCl}$  (powstałego z rozkładu  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) nie przebiega w kierunku tworzenia chlorków, podczas gdy z pozostałymi związkami chlorowców wchodzi w reakcję w myśl podwójnej wymiany.

W przypadku prób laboratoryjnych prażenia chlorującego najlepszym okazał się chlorek amonowy. Już w stosunkowo niskiej temperaturze uzyskano 96% wydajności chlorowania  $\text{CdO}$  i  $\text{CdCO}_3$ . Znacznie gorsze wyniki otrzymano przy zastosowaniu chlorku magnezowego.

## 1. Wstęp

Kadm jest metalem rozproszonym, nie tworzy samodzielnych rud. Występuje jako domieszka w rudach cynku i ołowiu. Produkcja jego jest oparta na surowcach będących produktami ubocznymi procesu otrzymywania tych metali. Jednym z tych półproduktów jest pył osadzający się w urządzeniach odpylających podczas wytopu ołowiu w piecu wahadłowo-obrotowym [1]. W procesie tym zawarty w pyłach kadm w wyniku prowadzonego procesu gromadzi się w postaci związków:  $\text{CdO}$ ,  $\text{CdCO}_3$  i  $\text{CdSO}_4$ . Przebadało możliwość przeprowadzenia tych soli w rozpuszczalne w wodzie związki metodą chlorowania za pomocą różnych czynników chlorujących [2, 3].

## 2. Obliczenia termodynamiczne

Badania procesu chlorowania poprzedzono obliczeniami termodynamicznymi [4], mającymi na celu zorientowanie się co do możliwości przebiegu poszczególnych reakcji. Dla każdego związku przyjęto równanie opisujące

procesy chlorowania tych związków różnymi czynnikami chlorującymi. Obliczenia przeprowadzono dla reakcji chlorowania w zakresie temp. 400-1000 K.

W tabelicy 1 przedstawiono wyniki obliczeń termodynamicznych reakcji chlorowania tlenku kadmowego różnymi czynnikami chlorującymi. Przeprowadzone obliczenia wskazują na możliwość przebiegu reakcji chlorowania tlenku kadmowego tylko chlorkiem magnezowym (reakcja 3), chlorkiem żelazowym (reakcja 4), chlorkiem cynkowym i chlorowodem powstałym z rozkładu chlorku amonowego (reakcja 8). Natomiast z powstałymi czynnikami chlorującymi reakcja nie przebiega w kierunku tworzenia chlorków.

Obliczenia dotyczące reakcji chlorowania węglanu kadmowego przedstawiono w tabelicy 2.

Ujemne wartości potencjału termodynamicznego uzyskano w przypadku zastosowania następujących czynników chlorujących: chlorku magnezowego, chlorku wapniowego (reakcja 2), chlorku żelazowego oraz chlorowodoru powstałego z rozkładu chlorku amonowego.

W przypadku chlorowania siarczynu kadmowego dodatnie wartości potencjału termodynamicznego uzyskano przy chlorowaniu chlorkiem amonowym, chlorowodem i chlorkiem sodowym. Z pozostałymi czynnikami chlorującymi reakcja przebiega w kierunku tworzenia chlorków.

W wyniku przeprowadzonych obliczeń termodynamicznych wytypowano jako najlepsze czynniki chlorujące: chlorek magnezowy oraz chlorowódór powstały z rozkładu chlorku amonowego.

### 3. Badania laboratoryjne

Na następnym etapie przeprowadzono badanie laboratoryjne procesu prażenia chlorującego w obecności chlorku amonowego i chlorku magnezowego ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ). Próby przeprowadzono na układach złożonych z wymienionych związków, dodając czynnik chlorujący w ilości stechiometrycznej, wyliczonej na podstawie równania reakcji chlorowania danego związku.

Jak wynika z zamieszczonych wyników, bardzo dobre efekty uzyskano przy zastosowaniu chlorku amonowego jako czynnika chlorującego. Prawidłowy przebieg procesu zapewnia już stosunkowo niska temperatura wynosząca 723 K. Znacznie gorsze wyniki uzyskano w przypadku stosowania chlorku magnezowego.

Celem dokładniejszego przebadania procesu chlorowania wykonano pomiary derywatoqraficzne.

### 4. Badania derywatoqraficzne

Pomiary prowadzono w aparacie produkcji węgierskiej typ G 425 System: F. Paulik, J. Paulik, L. Erdey.

Zależność zmian potencjału termodynamicznego od temperatury reakcji chlorowania tlenku kadmowego

Lp.	Równanie reakcji	G(kJ/mol)						
		400 K	500 K	600 K	700 K	800 K	900 K	1000 K
1	$\text{CdO} + 2\text{NaCl} \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{Na}_2\text{O}$	287,13	287,34	287,51	287,72	287,88	289,60	292,45
2	$\text{CdO} + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{CaO}$	36,69	38,85	38,98	39,15	39,31	40,99	43,79
3	$\text{CdO} + \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{MgO}$	-80,01	-78,75	-77,46	-76,16	-74,90	-72,05	-68,16
4	$\text{CdO} + 2\text{FeCl}_3 \rightarrow 3\text{CdCl}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	-388,41	-385,86	-383,30	-	-	-	-
5	$\text{CdO} + \text{PbCl}_2 \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{PbO}$	20,68	21,10	22,32	23,15	23,11	22,40	22,82
6	$\text{CdO} + \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{ZnO}$	-51,25	-50,16	-50,91	-53,97	-57,07	-58,62	-59,12
7	$\text{CdO} + 2\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{CdCl}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	327,74	365,72	-	-	-	-	-
8	$\text{CdO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	-227,13	-238,10	-249,07	-260,00	-270,97	-280,35	-288,64

Tablica 2

Zależność zmian potencjału termodynamicznego od temperatury reakcji chlorowania  
węglanu kadmowego

Lp.	Równanie reakcji	G(kJ/mol)						
		400 K	500 K	600 K	700 K	800 K	900 K	1000 K
1	$\text{CdCO}_3 + 2\text{NaCl} \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$	66,03	67,66	67,66	70,88	-	-	-
2	$\text{CdCO}_3 + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{CaCO}_3$	-52,17	-51,75	-51,37	-	-	-	-
3	$\text{CdCO}_3 + \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{MgCO}_3$	-93,57	-94,29	-94,12	-	-	-	-
4	$3\text{CdCO}_3 + 2\text{FeCl}_3 \rightarrow 3\text{CdCl}_2 + \text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$	-190,96	-194,14	-197,32	-	-	-	-
5	$\text{CdCO}_3 + \text{PbCl}_2 \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{PbCO}_3$	177,39	194,60	211,77	228,93	246,14	-	-
6	$\text{CdCO}_3 + \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{ZnCO}_3$	105,30	122,67	140,68	157,42	-	-	-
7	$\text{CdCO}_3 + \text{ZNH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{ZNH}_3 +$ $+ \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	653,10	707,78	-	-	-	-	-
8	$\text{CdCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	70,59	65,19	59,79	54,43	49,07	-	-

Zależność zmian potencjału termodynamicznego od temperatury reakcji chlorowania siarczany kadmowego

Lp.	Równanie reakcji	G(kJ/mol)						
		400 K	500 K	600 K	700 K	800 K	900 K	1000 K
1	$\text{CdSO}_4 + 2\text{NaCl} \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$	-31,65	-31,44	-31,28	-31,02	-30,77	-28,97	-26,13
2	$\text{CdSO}_4 + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{CaSO}_4$	-95,75	-96,97	-98,31	-99,31	-100,14	-100,14	-99,10
3	$\text{CdSO}_4 + \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{MgSO}_4$	-90,48	-89,97	-89,02	-88,93	-88,38	-86,29	-83,11
4	$3\text{CdSO}_4 + \text{FeCl}_3 \rightarrow 3\text{CdCl}_2 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	-190,96	-194,14	-197,32	-	-	-	-
5	$\text{CdSO}_4 + \text{PbCl}_2 \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{PbSO}_4$	-11,97	-12,06	-12,18	-12,27	-13,23	-14,78	-15,32
6	$\text{CdSO}_4 + \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{ZnSO}_4$	-6,36	-4,19	-9,25	-13,77	-9,29	-9,55	-9,09
7	$\text{CdSO}_4 + 2\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{CdCl}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_3$	704,64	768,65	-	-	-	-	-
8	$\text{CdSO}_4 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_3$	119,32	126,40	133,43	140,55	147,63	156,21	165,92

Tablica 4

## Chlorowanie związków kadmu

Lp.	Ułamek molowy	% wg. wyługowania Cd						
		573 K	623 K	673 K	723 K	773 K	823 K	873 K
1	$\frac{\text{CdO}}{\text{NH}_4\text{Cl}} = 0,5$	68,40	80,10	89,81	94,20	95,72	87,50	70,20
2	$\frac{\text{CdCO}_3}{\text{NH}_4\text{Cl}} = 0,5$	67,00	77,50	86,26	88,30	91,74	90,30	88,30
3	$\frac{\text{CdO}}{\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = 1$	1,20	1,55	3,02	5,20	7,50	21,28	19,98
4	$\frac{\text{CdCO}_3}{\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = 1$	1,01	1,30	3,00	4,50	7,20	19,20	18,10

Zmiany masy próbki (krzywa TG), przebieg szybkości zmian masy (krzywa DTG) oraz wielkość efektów cieplnych (krzywa DTG) w zależności od temperatury rejestrowane były automatycznie na papierze światłoczułym.

Przeprowadzono następujące badania:

- badania derywatograficzne związków  $\text{CdO}$ ,  $\text{CdCO}_3$ ,  $\text{CdSO}_4 \cdot 8/3\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  oraz  $\text{CdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,
- badania procesu chlorowania związków kadmu chlorkiem amonowym,
- badania procesu chlorowania związków kadmu chlorkiem magnezowym.

#### 4.1. Chlorowanie związków kadmu chlorkiem amonowym

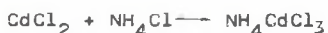
Derywatogram procesu chlorowania tlenku kadmowego chlorkiem amonowym przedstawiono na rys. 1.

W zakresie temp. 473 - 673 K obserwuje się szereg efektów endotermicznych (krzywa DTA), których występowanie spowodowane jest:

- rozkładem  $\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{HCl}$  (powyżej 473 K),
- reakcją  $\text{CdO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (powyżej 573 K).

W temp. 833 K następuje stopienie powstałego chlorku, a powyżej tej temperatury odparowanie. Ubytek masy związany z tym procesem świadczy o dużej wydajności reakcji tworzenia  $\text{CdCl}_2$  z  $\text{CdO}$  (97%).

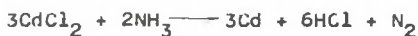
Proces chlorowania  $\text{CdCO}_3$  (rys. 2) przebiega podobnie ( $\text{CdCO}_3$  rozkłada się w temp. 617 - 632 K, dając w wyniku reakcji  $\text{CdO}$ ). Rentgenograficzna ocena na podstawie intensywności linii jest zgodna z wynikami derywatograficznymi. Stwierdzono, że podstawową fazą powstałą w wyniku chlorowania jest  $\text{CdCl}_2$  i  $\text{CdCl}_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ . Według danych literaturowych [5,6] oraz prowadzonych badań rentgenograficznych stwierdzono możliwość tworzenia w temp. 623 K zespolonego związku  $\text{NH}_4\text{CdCl}_3$



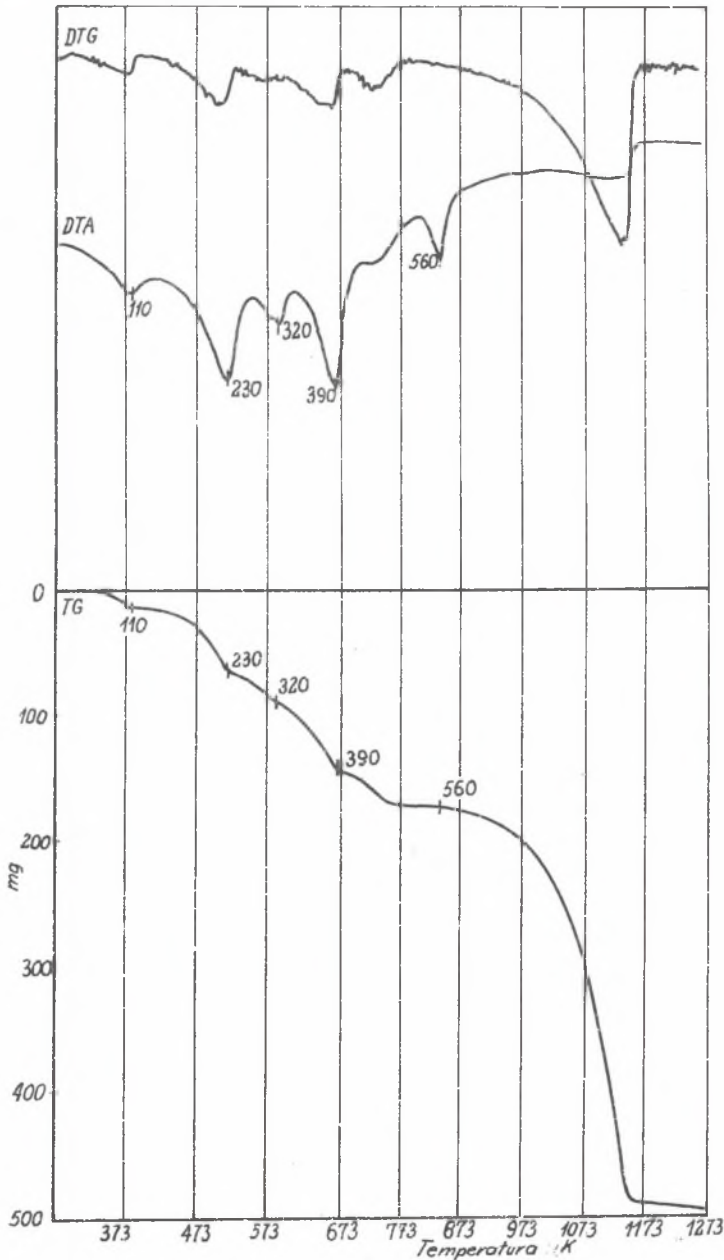
który powyżej 673 K rozkłada się z wydzieleniem  $\text{CdCl}_2$ . Powyżej 873 K mogą przebiegać również inne reakcje:



lub



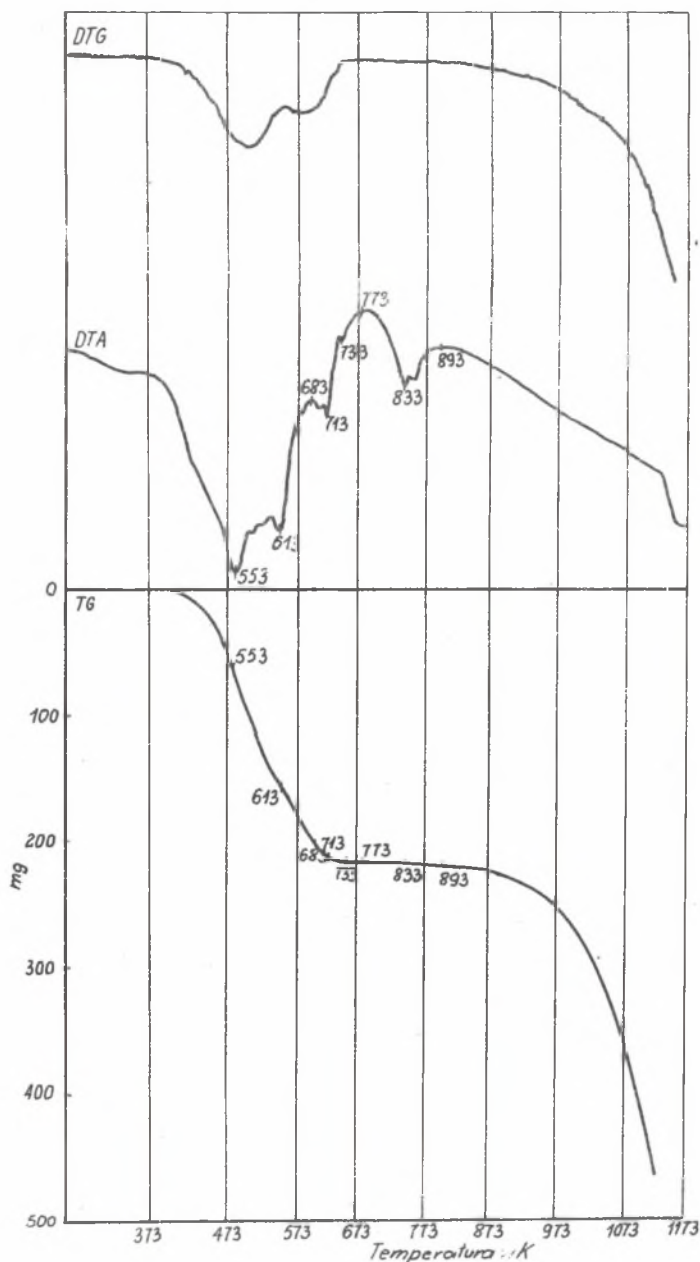
W przypadku chlorowania siarczynu kadmowego (rys. 3) badania derywatograficzne są zgodne z obliczeniami termodynamicznymi oraz badaniami rentgenograficznymi, z których wynika, że reakcja chlorowania nie przebiega w myśl reakcji podwójnej wymiany.



Rys. 1. Derywatogram  $\text{CdO}+\text{NH}_4\text{Cl}$  (Ułamek molowy  $\text{CdO}:\text{NH}_4\text{Cl}=0,5$ ) Odważka 500mg. Czulość wagi 500 mg. Temp. 1273 K. DTG 1/10 DTA 1/20. Czas pomiaru 100 min. Szybkość grzania  $10^\circ/\text{min}$

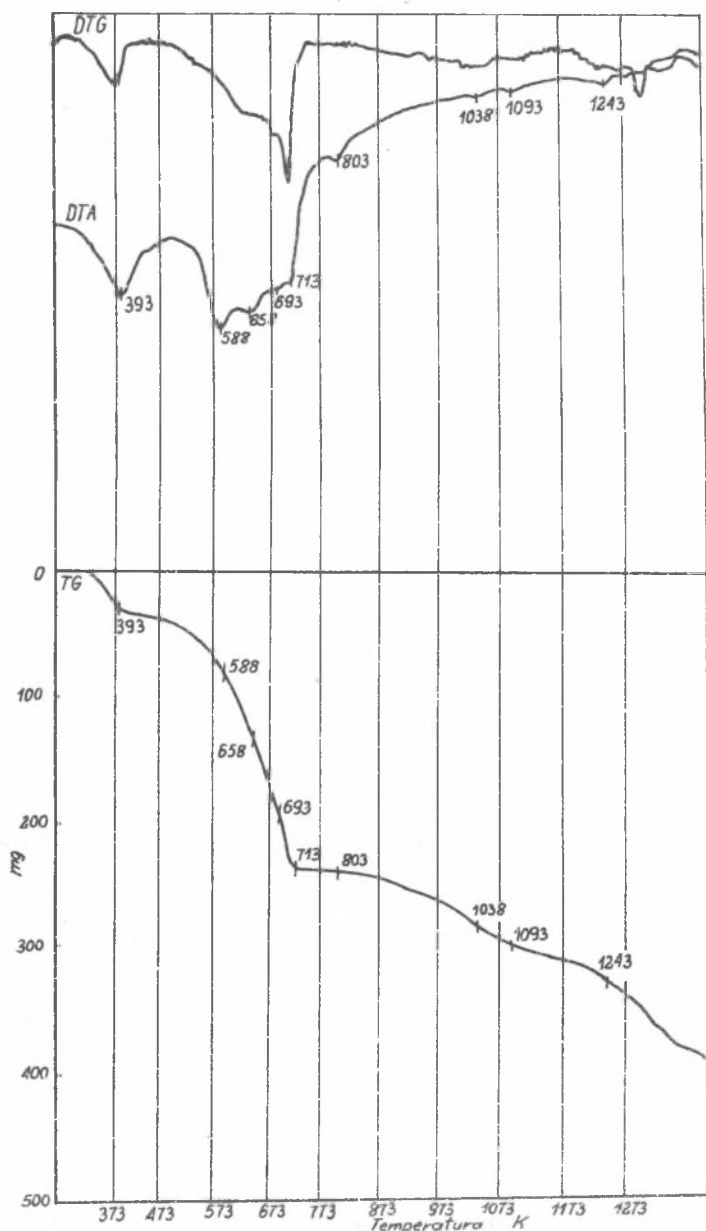
Fig. 1. Deriwatogram  $\text{CdO}+\text{NH}_4\text{Cl}$  (Mola fraction of  $\text{CdO}:\text{NH}_4\text{Cl}=0,5$ ) Weighed amount 500 mg. Temp. 1273 K. DTG 1/10 DTA 1/20. Measuring time 100 min. Heating rate  $10^\circ/\text{min}$





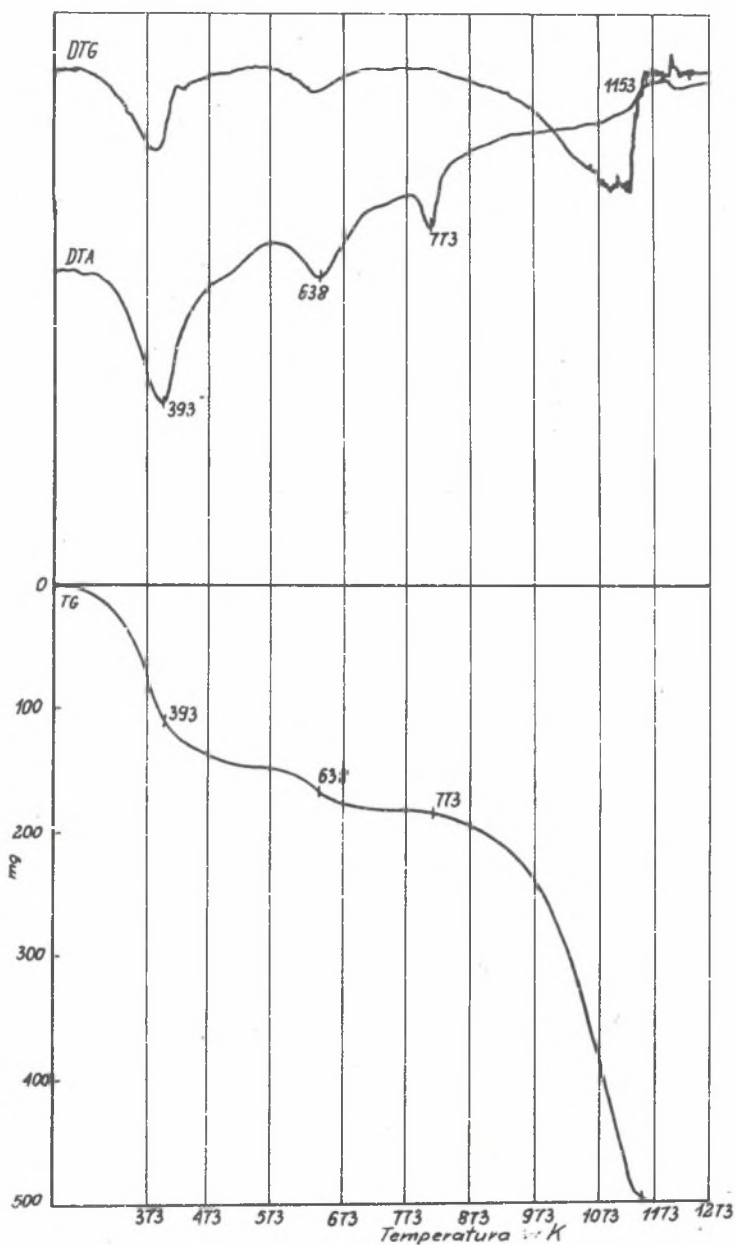
Rys. 2. Derywatogram  $\text{CdCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$  (Ułamek molowy  $\text{CdCO}_3 : \text{NH}_4\text{Cl} = 0,57$ ) Odważka 620 mg. Czułość wagi 500 mg. Temp. 1273 K. DTG  $1/10^3$  DTA  $1/20$ . Czas pomiaru 100 min. Szybkość grzania  $10^\circ/\text{min}$

Fig. 2. Derivatogram  $\text{CdCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$  (Mole fraction of  $\text{CdCO}_3 : \text{NH}_4\text{Cl} = 0,57$ ) Weighed amount 620 mg. Balance sensitivity 500 mg. Temp. 1273 K. DTG  $1/10^3$  DTA  $1/20$ . Measuring time 100 min. Heating rate  $10^\circ/\text{min}$



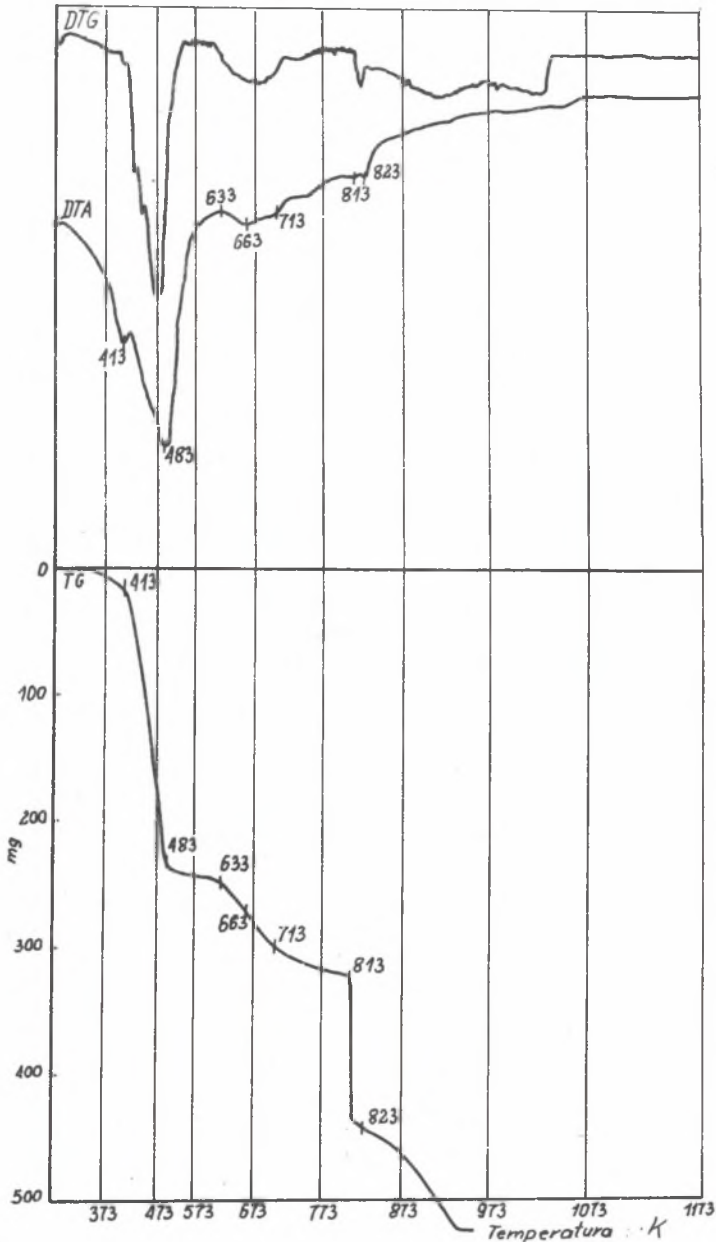
Rys. 3. Derywatogram  $\text{CdSO}_4 \cdot 8/3\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{Cl}$  (Ułamek molowy  $\text{CdSO}_4 \cdot 8/3\text{H}_2\text{O}$  :  $\text{NH}_4\text{Cl} = 0,5$ ) Odważka 500 mg. Temp. 1273 K. DTG 1/10 DTA 1/20. Czulość wagi 500 mg. Czas pomiaru 100 min. Szybkość grzania  $10^\circ/\text{min}$

Fig. 3. Derivatogram  $\text{CdSO}_4 \cdot 8/3\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{Cl}$  (Mole fraction of  $\text{CdSO}_4 \cdot 8/3\text{H}_2\text{O}$  :  $\text{NH}_4\text{Cl} = 0,5$ ). Weighed amount 500 mg. Temp. 1273 K. DTG 1/10 DTA 1/20. Balance sensitivity 500 mg. Measuring time 100 min. Heating rate  $10^\circ/\text{min}$



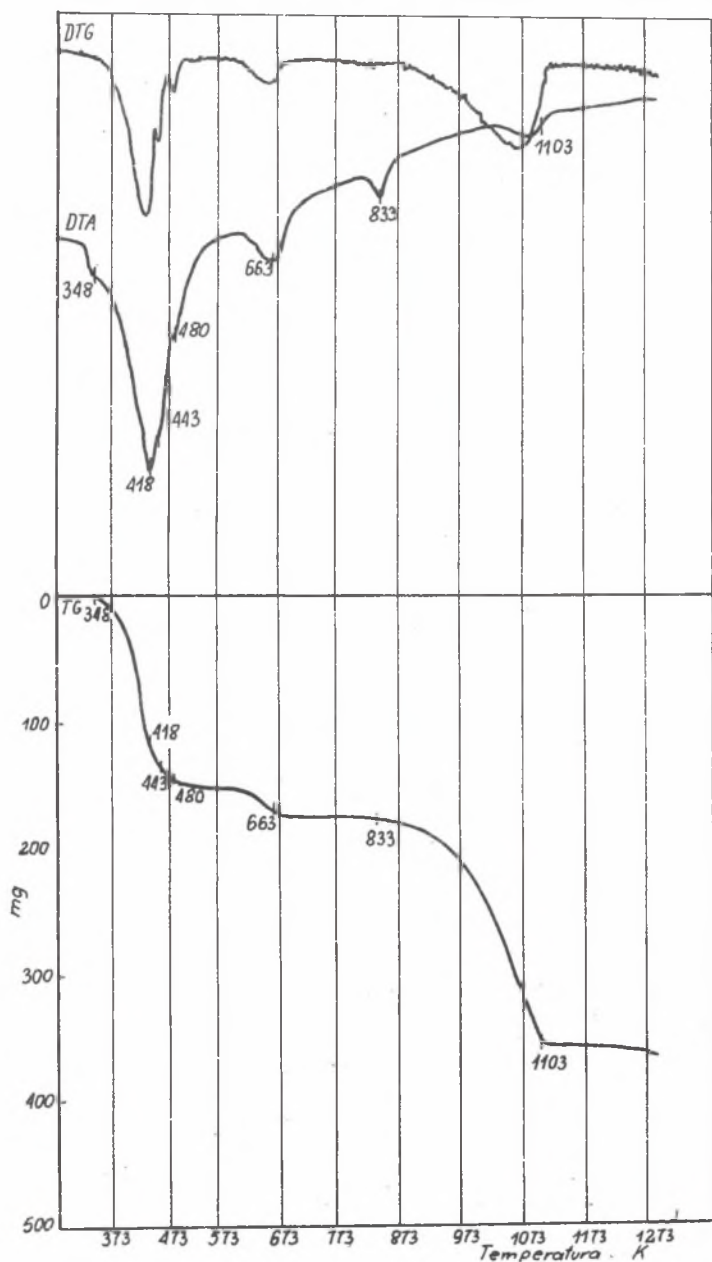
Rys. 4. Derywatogram  $\text{CdO}+\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Ułamek molowy  $\text{CdO}:\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O} = 1$ ) Odważka 588,8 mg. Czulość wagi 500 mg. Temp. 1273 K. DTG 1/10 DTA 1/20. Czas pomiaru 100 min. Szybkość grzania  $10^0/\text{min}$

Fig. 4. Derivatogram  $\text{CdO}+\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Mole fraction of  $\text{CdO}:\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O} = 1$ ). Weighed amount 588,8 mg. Balance sensitivity 500 mg. Temp. 1273 K. DTG 1/10 DTA 1/20. Measuring time 100 min. Heating rate  $10^0/\text{min}$



Rys. 5. Derywatogram  $\text{CdCO}_3 + \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Ułamek molowy  $\text{CdCO}_3 : \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 1$ )  
 Odważka 700 mg. Czułość wagi 500 mg. Temp. 1273 K. DTG 1/10 DTA 1/20. Czas  
 pomiaru 100 min. Szybkość grzania  $10^\circ/\text{min}$

Fig. 5. Derivatogram  $\text{CdCO}_3 + \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Mole fraction of  $\text{CdCO}_3 : \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 1$ )  
 Weighed amount 700 mg. Balance sensitivity 500 mg. Temp. 1273 K. DTG 1/10  
 DTA 1/20. Measuring time 100 min. Heating rate  $10^\circ/\text{min}$



Rys. 6. Derywatogram  $\text{CdSO}_4 \cdot 8/3\text{H}_2\text{O} + \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Ułamek molowy = 1). Odważka 500 mg. Czułość wagi 500 mg. Temp. 1273 K. DTA 1/10 DTA 1/20. Czas pomiaru 100 min. Szybkość grzania  $10^\circ/\text{min}$

Fig. 6. Derivatogram  $\text{CdSO}_4 \cdot 8/3\text{H}_2\text{O} + \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Mole fraction = 1). Weighed amount 500 mg. Balance sensitivity 500 mg. Temp. 1273K. DTG 1/10 DTA 1/20. Measuring time 100 min. Heating rate  $10^\circ/\text{min}$

#### 4.2. Badanie procesu chlorowania za pomocą $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Badanie derywatograficzne, rentgenowskie oraz dane literaturowe [7] wykazały, że reakcja rozkładu  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  w obecności azotu i powietrza przebiega następująco:

- w zakresie 393 - 483 K tworzy się



- reakcja endotermiczna w temp. 513 - 523 K związana jest z tworzeniem  $\text{MgOHCl}$  i  $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

#### 5. Wnioski

Z przeprowadzonych obliczeń termodynamicznych, badań derywatograficznych, rentgenowskich i laboratoryjnych wynika, że:

1. Najlepszymi z przebadanych czynników chlorujących są: chlorek amonowy i magnezowy.

2. Najodpowiedniejszą metodą przeprowadzania  $\text{CdO}$  i  $\text{CdCO}_3$  w rozpuszczalne w wodzie związki jest metoda prażenia chlorującego z zastosowaniem chlorku amonowego jako czynnika chlorującego. Maksymalny stopień wyługowania kadmu 95% uzyskano z próbek prażonych w temp. 723 K.

3. Proces chlorowania z zastosowaniem  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  wymaga temperatur znacznie wyższych.

#### LITERATURA

- [1] Król A., Mazurek T.: Metalurgia cynku i kadmu, Wyd. Śląsk, Katowice 1965.
- [2] Szymański J., Staniczek J.: Materiały z konferencji naukowej SITPH przy IMN, Pol. Śl., Wisła 1972.
- [3] Staniczek J., Szymański J.: II Sympozjum "Pierwiastki Rzadkie i Metalurgia Chemiczna", Karpacz 1972.
- [4] Kubaschewski O., Evans E.: Metallurgied Therochemistry, London 1951.
- [5] Stefaniuk S.L., Simkina L.W.: Izw. Wysz. Uczeb. Zaw. Cwietnaja Mietałłurgia, 1986, 3.
- [6] Konakowa W.A., Erszowa A.T., Iwoszcencow J.I.: Izw. Wysz. Uczeb. Zaw. Cwietnaja Mietałłurgia, 1976, 2.
- [7] Shimado Shiro Furnicki Ryusaburo, Ishi Tadzo, J. Chem. Soc. Jap. Chem. Sec., 74, 2012 A., 1971, 119.

Recenzent: Prof. zw. dr inż. Ludomir Tokarzewski

Wpłynęło do Redakcji 2.02.1988 r.

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ХЛОРИРОВАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ КАДМИЯ

## Резюме

Проведены термодинамические вычисления, дериватографические, рентгеновские и лабораторные исследования процесса хлорирования соединений:  $CdO$ ,  $CdCO_3$  и  $CdSO_4$ . Термодинамические вычисления касались реакции хлорирования вышеуказанных соединений с помощью  $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $MgCl_2$ ,  $FeCl_2$ ,  $PbCl_2$ ,  $ZnCl_2$ ,  $NH_4Cl$  и  $HCl$ . Самые низкие значения термодинамического потенциала получены при применении в качестве хлорирующего фактора  $MgCl_2$ ,  $FeCl_3$  и  $HCl$ . Дериватографические, рентгеновские и лабораторные исследования касались хлорирования с помощью  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  и  $NH_4Cl$ . Рентгенографическая оценка на основе интенсивности линии соответствует дериватографическим результатам и термодинамическим вычислениям.

Хлорид магния является хорошим хлорирующим фактором относительно всех рассматриваемых соединений. Зато реакция хлорирования сульфата с помощью  $HCl$  (образовавшейся из распада  $NH_4Cl$ ) не протекает в направлении образования хлоридов, но с остальными соединениями хлористый водород входит в реакцию двойного обмена.

В случае лабораторных испытаний хлорирующего кальцинирования самым эффективным оказался хлорид аммония; уже в относительно низкой температуре получено 96% производительности хлорирования  $CdO$  и  $CdCO_3$ . При применении хлористого магния получены гораздо хуже результаты.

ANALYSIS OF CADMIUM COMPOUND  
OF CHLORINATION PROCESS

## Summary

Thermodynamic calculations, derivatographic examinations, X-ray examinations and laboratory tests were made during the chlorination process of such compounds as:  $CdO$ ,  $CdCO_3$  and  $CdSO_4$ . Thermodynamic calculations concerned chlorination reaction of the above mentioned compounds by the use of  $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $MgCl_2$ ,  $FeCl_3$ ,  $PbCl_2$ ,  $ZnCl_2$ ,  $NH_4Cl$  and  $HCl$ . The lowest values of the thermodynamic potential were obtained by the use of  $MgCl_2$ ,  $FeCl_3$  and  $HCl$  as chlorination agents. Derivatographic examinations, X-ray examinations and laboratory tests concerned the chlorination by means of  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  and  $NH_4Cl$ . X-ray radiographic evaluation on the basis of the intensity of lines is compatible with derivatographic results and thermodynamic calculations.

Magnesium chloride is a good chlorination agent with reference to all examined compounds. Chlorination reaction of sulphate by means of HCl (created as a result of decomposition of  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) does not result in forming chlorides, while with the other compounds, hydrogen chloride reacts according to double replacement.

In the case of laboratory tests of chloridizing roasting, it turned out, that ammonium chloride was best the at relatively low temperature, 96% chlorination efficiency of CdO and  $\text{CdCO}_3$  has been hieved. Much worse results were obtained for magnesium chloride.