

ATÓMOVÁ ABSORPČNÁ SPEKTROMETRIA BÁZICKÝCH ŽIARUVZDORNÝCH MATERIÁLOV

I. Analýza magnezitov a slinutej magnézie

ANASTÁZIA RUSŇÁKOVÁ

*Výskumný ústav hutníckej keramiky
898 11 Bratislava, ul. Februárového víťazstva 71*

Došlo 25. 11. 1976

V roztoku vzorky po kombinovanom rozklade v kyseline chlorovodíkovej s alkalickým dotavením nerozpustného zvyšku sa metódou atómovej absorpčnej spektrometrie stanovujú niektoré dôležité prvky o nasledujúcich koncentračných rozsahoch: SiO_2 0,2–10 %; Al_2O_3 0,04–3 %; Fe_2O_3 0,02–12,5 %; MnO 0,01–0,5 %; CaO 0,02–10 %. Stanovenie vyšších obsahov ako sa uvádza, nie je obmedzené ani u jedného z uvedených prvkov. Správnosť stanovenia sa overila kontrolnými analýzami štandardných vzoriek a porovnávacími analýzami použitím metód chemickej analýzy.

ÚVOD

V práci sa uvádza praktická aplikácia metódy atómovej absorpčnej spektrometrie (AAS) na analýzu bázičných žiaruvzdorných materiálov. Keďže škála bázičných žiaruvzdorných materiálov je pomerne široká, najskôr sa analyzovali suroviny používané k ich výrobe, t. j. magnezity, potom slinuté magnézie a tvarové stavivá. Magnezit je jednou z dôležitých nerastných surovín, nachádzajúcich sa hlavne na východnom Slovensku. Obsah určovaných vedľajších zložiek závisí od ložiska. Tak napr. magnezity typu Jelšava, Lubeník, sú vysokoželezité s nízkym obsahom kremičitých sprievodných minerálov a prevládajúcim dolomitom. Magnezit z ložísk okolia Košíc býva prerastený najmä kremičitými minerálmi a menej dolomitom. V magnezitoch, ako sú napr. grécky a turecký, je nízky obsah železa i kremičitanov. Kórejské magnezity sa vyznačujú nižším obsahom železa a vyšším obsahom kremičitanov. V slinutej magnézii a v tvarových stavivách sú v koncentračných rozsahoch vedľajších zložiek veľké rozdiely, nakoľko sem patrí tiež magnézia z termického štiepenia MgCl_2 a z morskej vody, u ktorých obsah MgO kolíše v medziach 95,0 až 99,8 % MgO . Cieľom práce bolo vypracovanie a overenie jednoduchého, priameho postupu stanovenia niektorých, pre výrobu dôležitých vedľajších zložiek ako SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , (príp. MnO) a CaO vo všetkých, i keď nie vyčerpávajúco vymenovaných typoch magnezitov a magnézií a zavedenie tohto postupu do prevádzkovej analytickej praxe.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Použitý prístroj

Pri všetkých meraniach bol použitý atómový absorpčný spektrofotometer Perkin-Elmer 305, doplnený univerzálnym digitálnym čítačom UDR-1. Ako

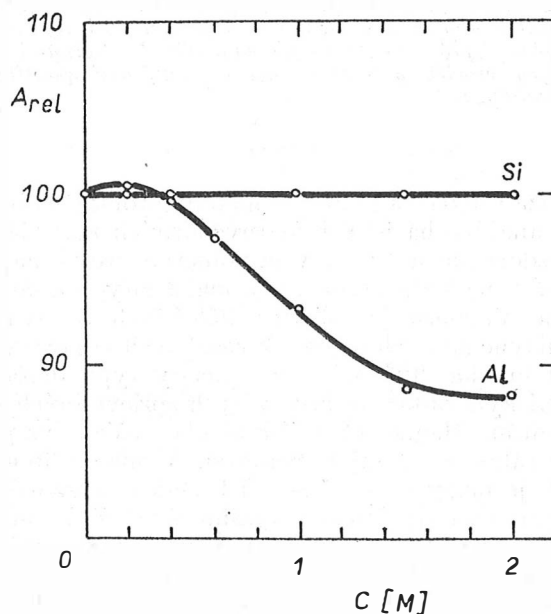
zdroje žiarenia sa použili jednoprvkové výbojky s dutou katódou tej istej firmy. Meralo sa v absorpčnom prostredí plameňových zmesí acetylén—vzduch a acetylén—kyslík dusný.

Optimalizácia pracovných podmienok

Na základe predpokladaných obsahov určovaných prvkov sa riešili tieto problémy:

- optimálny návažok vzorky a zriedenie roztoku za účelom dosiahnutia optimálnych koncentračných rozsahov stanovovaných prvkov,
- voľba rozkladného činidla, nakoľko toto ovplyvňuje jednak transportné pochody, ako i proces atomizácie a zatažuje absorpčný signál stanovovaného prvku chybami.

Sledoval sa preto vplyv kyseliny chlorovodíkovej a alkalických solí ako rozkladných činidiel.

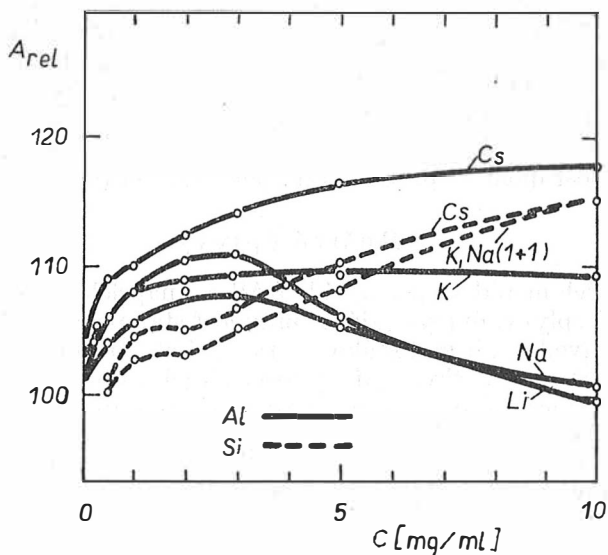


Obr. 1. Vplyv koncentrácie kyseliny chlorovodíkovej ($C[M]$) na absorpčný signál kremíka a hliníka.

Z relatívnej zmeny absorbancie kremíka a hliníka (obr. 1), meraných priamo zo základného roztoku vzorky s najvyššou koncentráciou prímiesi vyplýva, že kyselina chlorovodíková v dostatočne širokom rozsahu neovplyvňuje absorpčný signál kremíka. U hliníka sa so zvyšovaním koncentrácie kyseliny v roztoku zaznamenal mierny pokles signálu. Soli alkalických kovov (Na, K, Li a Cs) spôsobujú zvýšenie absorpčného signálu nielen u hliníka [1], ale i kremíka (obr. 2). Vzhľadom k vysokému ionizačnému potenciálu kremíka [2] je pozorované zvýšenie signálu pravdepodobne spôsobené zvýšeným odparo-

vaním kremíka [3]. Na základe experimentálnych výsledkov sa rozklad vzorky upravil takto:

1 g analytickej vzorky magnezitu, alebo 0,5 g slinutej magnézie sa v 150 ml kadičke povarí 5 až 10 minút s 20 ml zriedenej kyseliny chlorovodíkovej (1 + 1). Nerozpustný zvyšok sa odfiltruje menším filtrom strednej hustoty, filtrát sa



Obr. 2. Vplyv koncentrácie alkalických kovov (C [mg/ml]) na absorpčný signál kremíka a hliníka.

zachytáva do 100 ml odmernej banky. Filter sa spáli v platinovom téglíku a zvyšok sa vytaví s 1 g taviacej zmesi, zloženej z rovnakých dielov uhličitanu sodného, uhličitanu draselného a tetraboritanu sodného (1 + 1 + 1). Tavenina sa vylúži za tepla v primeranom množstve vody okyselenej 5 ml zriedenej

Tabuľka 1

Vplyv koncentrácie solí v roztoku na presnosť a správnosť stanovenia SiO_2 a Al_2O_3

Návažka vzorky [g]	SiO_2			Al_2O_3		
	X [%]	S [%]	Sr [%]	X [%]	S [%]	Sr [%]
0,2000	0,51	0,029	5,81	0,35	0,034	9,66
0,5000	0,56	0,029	5,80	0,41	0,032	7,88
1,0000	0,59	0,020	3,39	0,42	0,015	3,57
2,0000	0,63	0,022	3,49	0,37	0,019	5,07
3,0000	0,68	0,041	6,02	0,50	0,029	5,80
4,0000	0,59	0,056	9,50	0,43	0,059	13,72
5,0000	0,55	0,060	10,91	—	—	—

Udaný obsah v ateste: 0,593 % SiO_2 ; 0,414 % Al_2O_3 .

kyseliny chlorovodíkovej (1 + 1) a získaný roztok sa pridá k hlavnému filtrátu. Roztok v odmernej banke sa doplní po značku destilovanou, event. deionizovanou vodou a použije sa na meranie obsahu kyslíčnika kremičitého a hlinitého.

V tomto roztoku je kyselina kremičitá účinne pufrovaná až do obsahu cca 10 % SiO_2 vo vzorke. (Vyššie obsahy SiO_2 v bežne analyzovaných materiáloch nie sú obvyklé; v tom prípade, keď obsah SiO_2 je vyšší ako 10 %, je potrebné návažok vzorky primerane znížiť). Roztok je dostatočne stály a obsah solí v roztoku optimálny. Dokazujú to i dosiahnuté presnosti stanovenia kremíka a hliníka v závislosti na návažku vzorky a obsahu taviacej zmesi (tab. I). Prítomné alkalické kovy (Na a K) z taviacej zmesi pôsobia ako spektrálny pufer, ktorým sa potlačuje efekt ionizácie pozorovaný u hliníka. Analogickým postupom sa pripraví tzv. porovnávaci (nulový) roztok.

Rušivé vplyvy

Ako u všetkých metód, aj pri metóde AAS sa i napriek jej špecifčnosti môžu prejavovať rušivé vplyvy, ovplyvňujúce správnosť stanovenia niektorých prvkov [4]. V analýze uvedených materiálov sa tiež pri stanovení niektorých prvkov prejaví vplyv osnovy vzorky, spojený so vznikom termicky stabilných a málo disociovaných zlúčenín (Ca), ako aj so zvýšením disociácie molekulových častíc do atómových pár (Si). Z tohto dôvodu sa v práci sledoval vplyv najmä horčíka ako makrozložky a niektorých ďalších zložiek osnovy na stanovované prvky. Z údajov v tab. II vyplýva, že vzájomným medziprvkovým efektom

Tabuľka II

Vplyv sprievodných prvkov na stanovenie kremíka

Daný obsah SiO ₂ [μg ml ⁻¹]	Prídavok			Nájdenny obsah SiO ₂ [μg ml ⁻¹]	Relatívna chyba [%]
	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃		
	[μg ml ⁻¹]				
100,0	—	—	500	100,0	0
100,0	1000	—	—	110,7	10,7
100,0	4500	100	350	108,5	8,5
112,0	4200	400	250	122,6	9,5
106,0	4000	250	450	115,5	9,0
106,0	5000	—	—	115,6	9,1

horčíka, železa, vápnika, za súčasnej prítomnosti sodných a draselných solí v prostredí približne 1 M kyseliny chlorovodíkovej sa zvyšuje absorpčný signál kremíka. Potvrdil sa tiež negatívny vplyv obsahu kremíka na stanovenie hliníka [5], ktorý sa však za súčasnej prítomnosti horčíka neuplatňuje. Negatívne vplyvy obsahu kremíka na stanovenie železa [6] a obsahu kremíka a hliníka na stanovenie vápnika [7] sa najúčinnšie potlačia prídavkom lantan-oxínového pufru [8]. V práci sa skúmal účinok aj niektorých ďalších látok (napr. EDTA; EGTA), nedosiahol sa však požadovaný efekt.

Optimalizácia prístrojových podmienok

Experimentálne zistené prístrojové podmienky stanovenia udáva tab. III. Z jej údajov vyplýva, že u stanovenia vápnika sa v záujme zníženia niektorých nežiadúcich efektov doporučujú podmienky, ktoré nezodpovedajú vždy dosiahnutiu maximálnej dôkazuschopnosti stanovenia.

Tabuľka III

Experimentálne podmienky stanovenia Si, Al, Fe, Mn a Ca

Prvok	Vlnová dĺžka [nm]	Štrbina [nm]	Poloha horáka [mm]	Plameň	Prúdenie	
					C ₂ H ₂ [l min ⁻¹]	okys. *) [l min ⁻¹]
Si	251,6	0,2	8	C ₂ H ₂ — N ₂ O	8,5	12,3
Al	309,3	0,7	10	C ₂ H ₂ — N ₂ O	7,8	13,0
Fe	248,3	0,2	14	C ₂ H ₂ — vzduch	4,8	24,0
Mn	279,5	0,7	10	C ₂ H ₂ — vzduch	4,8	24,0
Ca I	422,7	0,7	12	C ₂ H ₂ — N ₂ O	6,0	12,0
Ca II	422,7	1,4	20	C ₂ H ₂ — vzduch	4,8	24,0

*) Okys. — okysličovadlo (vzduch alebo kyslíčnik dusný).

Tabuľka IV

Stručná schéma analytického postupu

Prvok a absorpčná čiara [nm]	Koncentračné rozpätie stanovovaných prvkov	
	[μg ml ⁻¹]	[%]*
Základný roztok vzorky: návažka: 1,0 — 0,5 g*) vzorky v objeme 100 ml		
Si — 251,6	10,0—500,0	0,2—10,0 SiO ₂
Al — 309,3	2,0—150,0	0,04—3,0 Al ₂ O ₃
Fe — 248,3	1,0—25,0	0,02—0,5 Fe ₂ O ₃
Mn — 279,5	0,5 — 25,0	0,01—0,5 Mn
CaI — 422,7	1,0—25,0	0,02—0,5 CaO
Zriedenie: 10 ml základného roztoku, prídavok 4,0 ml lantán-oxinového pufru, doplnené na 250 ml		
Fe — 248,3	1,0—25,0	0,5—12,5 Fe ₂ O ₃
Ca II — 422,7	1,0—20,0	0,5—10,0 CaO

*) Koncentračný obsah v percentách jednotlivých kyslíčnikov je udaný ako na vyžíhaný stav.

Tabuľka V

Popis analyzovaných vzoriek

Číslo	Běžné vzorky	Číslo	Štandardné vzorky
1	Magnezit Lubeník	11	Magnezit K II
2	Magnézia Lubeník	12	Magnezit O II
3	Magnezit Lovinobaňa	13	Magnézia 91
4	Magnézia Lovinobaňa	14	Magnézia 93
5	Magnezit Jelšava	15	Magnezit Košice
6	Magnézia Jelšava	16	Magnézia PRE [9]
7	Magnezit Hačava	17	Magnézia 1
8	Magnézia Hačava	18	Magnézia 2
9	Magnézia Kórea	19	Magnézia 4
10	Magnézia z morskej vody	20	Magnézia 10

Vzorky č. 11 až č. 15 sú štandardy.

Vzorky č. 17 až č. 20 sú interné štandardy od firmy Veitsch, Rakúsko.

Tabuľka VI

Zrovnanie výsledkov stanovenia SiO_2 metódou AAS s chemickou analýzou
a výsledkami štandardných vzoriek

Číslo vzorky	Chemická analýza			Metóda AAS		
	X [%]	S [%]	Sr [%]	X [%]	S [%]	Sr [%]
1	0,49	0,016	3,27	0,59	0,019	3,22
2	1,17	0,029	2,48	1,32	0,025	1,89
3	0,71	0,022	3,10	0,90	0,023	2,55
4	1,62	0,035	2,16	1,85	0,057	3,08
5	0,20	0,013	6,50	0,20	0,016	8,00
6	0,62	0,015	2,42	0,71	0,030	4,22
7	0,67	0,019	2,84	0,66	0,021	3,18
8	1,35	0,030	2,22	1,41	0,048	3,40
9	—	—	—	3,80	0,081	2,13
10	—	—	—	0,40	0,016	4,00
Hodnota atestu						
11	1,41			1,41	0,041	2,91
12	1,64			1,70	0,057	3,36
13	0,81			0,79	0,023	2,91
14	1,59			1,53	0,041	2,68
15	0,593			0,59	0,020	3,39
16	2,93			2,91	0,084	2,80
17	0,64			0,68	0,024	3,53
18	1,27			1,36	0,039	2,87
19	2,65			2,54	0,059	2,32
20	4,72			4,70	0,075	1,60

Kalibrácia

Štúdium vplyvu osnovy vzorky a rozkladných činidiel ukázalo, že dochádza k zmenám absorpčného signálu v porovnaní s čistými štandardnými roztokmi jednotlivých prvkov. Na odstránenie rušivých vplyvov a dosiahnutie správnych výsledkov stanovenia existuje viacero možností [4]; v predmetnej práci sa využila kalibrácia na modelové štandardné roztoky s prídavkom rovnakých množstiev horčíka, železa a prímеси (rozkladné činidlá a spektrálne pufrы) ako v analyzovanej vzorke. Schému analytického postupu, udávajúcu zriedenie roztoku vzorky a optimálne koncentračné rozsahy u stanovovaných prvkov udáva tabuľka IV.

S každou sériou analyzovaných vzoriek sa vždy analyzujú i vzorky deklarovaných štandardov a tým sa overuje správnosť kalibrácie a chod prístroja.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Za popísaných podmienok sa vykonali stanovenia sledovaných prvkov vo vybraných charakteristických vzorkách magnezitov a slinutej magnézie. Výsledky sa uvádzajú v tab. V až X. Tabuľky obsahujú výsledky metódy AAS, získané ako aritmetický priemer ($\bar{X}$) z minimálne piatich až desiatich paralelných stanovení.

Tabuľka VII

Zrovnanie výsledkov stanovenia Al_2O_3 metódou AAS s chemickou analýzou a s výsledkami štandardných vzoriek

Číslo vzorky	Chemická analýza			Metóda AAS		
	X [%]	S [%]	Sr [%]	X [%]	S [%]	Sr [%]
1	0,22	0,015	6,82	0,18	0,011	6,11
2	0,32	0,015	4,69	0,35	0,012	3,43
3	0,35	0,029	8,29	0,35	0,010	2,86
4	0,55	0,038	6,91	0,66	0,049	7,42
5	0,17	0,015	8,82	0,12	0,010	8,33
6	0,32	0,028	8,75	0,27	0,014	5,19
7	0,31	0,027	8,71	0,24	0,011	4,58
8	0,49	0,018	3,67	0,42	0,016	3,81
9	—	—	—	1,04	0,049	4,71
10	—	—	—	0,15	0,010	6,66
Hodnota atestu						
11	0,48			0,39	0,019	4,87
12	0,21			0,19	0,011	5,79
13	0,41			0,42	0,016	3,81
14	0,62			0,60	0,027	4,50
15	0,414			0,42	0,015	3,57
16	2,17			2,14	0,048	2,24
17	0,33			0,18	0,010	5,55
18	0,52			0,34	0,010	2,94
19	0,77			0,52	0,029	5,57
20	0,59			0,30	0,014	4,67

Tabuľka VIII

Zrovnanie výsledkov stanovenia Fe_2O_3 metódou AAS s chemickou analýzou
a s výsledkami štandardných vzoriek

Číslo vzorky	Chemická analýza			Metóda AAS		
	X [%]	S [%]	Sr [%]	X [%]	S [%]	Sr [%]
1	3,72	0,026	0,70	3,61	0,019	0,53
2	7,30	0,036	0,49	7,05	0,025	0,35
3	3,63	0,036	0,99	3,56	0,017	0,48
4	7,46	0,049	0,66	7,21	0,029	0,40
5	3,55	0,020	0,56	3,42	0,016	0,47
6	8,60	0,032	0,37	8,03	0,030	0,37
7	2,43	0,020	0,82	2,44	0,012	0,49
8	5,35	0,048	0,90	5,31	0,020	0,38
9	—	—	—	1,50	0,015	1,00
10	0,20	—	—	0,20	0,001	0,50
Hodnota atestu						
11	3,72			3,54	0,019	0,54
12	4,22			4,20	0,021	0,50
13	7,50			6,96	0,017	0,24
14	7,35			6,72	0,017	0,25
15	2,43			2,46	0,020	0,81
16	0,99			0,99	0,011	1,11
17	3,99			3,87	0,041	1,06
18	3,91			3,78	0,035	0,92
19	4,02			3,89	0,018	0,46
20	8,47			8,20	0,020	0,24

U porovnávacích, tzv. mokrých chemických metód výsledok u jednotlivých zložiek odpovedá vždy aritmetickému priemeru z dvanástich paralelných stanovení. Ďalšie údaje v tabuľkách, ako smerodajná odchýlka (S) a relatívna smerodajná odchýlka (Sr) sa vypočítali podľa známych vzťahov [10]. Z porovnania výsledkov S a Sr (tab. VI a IX) je zrejmé, že metóda AAS poskytuje celkove presnejšie výsledky, ako použité interné chemické metódy [11], líšiac sa od ČSN [12] najmä zaradením fotometrických metód pre nízke obsahy niektorých prvkov (SiO_2 , Fe_2O_3).

Príčinou o niečo nižšej presnosti pri stanovení najmä obsahov $\text{SiO}_2 < 0,5 \%$ je vyšší podiel šumu, ktorý spôsobuje väčšie zosilnenie pri rozťahnutí stupnice. Správnosť dosiahnutých výsledkov podľa navrhovaného postupu sa overila tiež analýzou štandardných vzoriek magnezitov a slinutej magnézie. Výsledky sú taktiež uvedené v tab. VI až X.

Dosiahnuté výsledky pri väčšine analyzovaných štandardných vzoriek sa zhodujú s výsledkami atestu, čo je dôkazom správnosti zvoleného postupu metódy AAS.

Tabuľka IX

Zrovnanie výsledkov stanovenia CaO metódou AAS s chemickou analýzou
a s výsledkami štandardných vzoriek

Číslo vzorky	Chemická analýza			Metóda AAS		
	X [%]	S [%]	Sr [%]	X [%]	S [%]	Sr [%]
1	3,46	0,054	1,56	3,45	0,032	0,93
2	7,15	0,038	0,53	7,34	0,040	0,54
3	2,24	0,022	0,98	2,22	0,018	0,81
4	5,20	0,080	1,54	5,35	0,031	0,58
5	2,13	0,033	1,55	2,07	0,019	0,92
6	2,26	0,035	1,55	2,36	0,022	0,93
7	2,29	0,035	1,53	2,20	0,015	0,68
8	4,67	0,047	1,01	4,87	0,033	0,68
9	—	—	—	1,85	0,025	1,35
10	—	—	—	0,96	0,018	1,87
Hodnota atestu						
11	0,84			0,90	0,012	1,33
12	3,56			3,56	0,035	0,98
13	2,55			2,52	0,022	0,87
14	2,65			2,53	0,024	0,95
15	0,581			0,55	0,012	2,18
16	4,53			4,56	0,033	0,72
17	3,28			3,03	0,027	0,89
18	2,92			2,83	0,026	0,92
19	4,47			4,14	0,033	0,79
20	2,75			2,62	0,030	1,14

Tabuľka X

Výsledky stanovenia MnO

Označenie vzorky	Fotometria	AAS
	% MnO	
Magnézia Jelšava	0,470	0,493
Magnézia Lubeník	0,460	0,453
Magnézia Košice	0,385	0,389
Magnezit Košice ^{a)}	0,120	0,180
Magnézia z morskej vody	0,003	0,006

^{a)} štandard — doporučený obsah MnO : 0,170 %. Výsledky odpovedajú priemernej hodnote z dvoch stanovení.

ZÁVER

Vypracoval sa jednoduchý, priamy analytický postup na stanovenie kremíka, hliníka, železa, vápnika, prípadne mangánu v magnezitoch a slinutej magnézii metódou atómovej absorpčnej spektrometrie. Metóda je rýchlejšia, presnejšia ako doteraz používané chemické metódy. Umožňuje spoľahlivé stanovenie najmä nízkych obsahov niektorých prvkov, stanovenie ktorých tzv. mokkými chemickými metódami spôsobuje ťažkosti. Metóda sa zaviedla do priemyselnej analytickej praxe a osvedčila sa.

Ďakujem Ing. J. Staroňovi, CSc., za pripomienky pri vypracovaní tejto práce a J. Ďuricovi za poskytnutie potrebných porovnávacích analyzovaných vzoriek magnezitov a magnézii.

Literatúra

- [1] Welz B.: *Atom-Absorptions-Spektroskopie*, 1. vyd. str. 109. Verlag Chemie, Weinheim 1972.
- [2] Rubeška I., Moldan B.: *Atomová absorpční spektrofotometrie*. 1. vyd. str. 183. SNTL, Praha 1967.
- [3] Rubeška I., Mikšovský M.: Chem. listy 66, 1191 (1972).
- [4] Lvov B. V.: *Atomno-absorbcionnyj spektralnyj analiz*. 1. vyd. str. 247; 265—266. Izdal. Nauka, Moskva 1966.
- [5] Katz A.: American Miner. 53, 283 (1968).
- [6] Terasima S.: Japan Analyst 18, 10, (1969) podľa R. Ž. Chimija 10GD. Anal. Chim. Oborud. Lab. 10, 10G, 121 (1970).
- [7] Rubeška I., Moldan B.: Anal. Chim. Acta 37, 421 (1967).
- [8] Rusňáková A.: Využitie metódy AAS k analýzam bázičných žiaruvzdorných materiálov. Etapa 3, Bratislava, VÚ — hutníckej keramiky, 1971, Ročná výskumná správa č. F-0-522-102/17.
- [9] Keramische Zeitsch. 25, 560 (1973).
- [10] Eckschlagel K.: *Chyby chemických rozborů*. 1. vyd. str. 90—97. SNTL, Praha 1961.
- [11] Jednotné analytické postupy pre žiaruvzdorné zásadité materiály — nepublikované analytické postupy. Bratislava 1972.
- [12] ČSN 72 6026: *Žiaruvzdorné zásadité materiály*. Metódy chemických rozborov. ÚNM, Praha 1965.

ПРИМЕНЕНИЕ АТОМНОЙ АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ОСНОВНЫХ ОГНЕУПОРОВ I. АНАЛИЗ МАГНЕЗИТОВ И СПЕКСЕЙСЯ МАГНЕЗИИ

Анастасия Руснякова

Научно-исследовательский институт огнеупоров, Bratislava

Были разработаны аналитический способ определения кремния, алюминия, железа, кальция или марганца в магнезитах и спекшейся магнезии методом атомной абсорбционной спектроскопии из одной навески пробы. Рассматриваются также некоторые наблюдаемые мешающие влияния примесей и состава пробы. В работе приводятся результаты определения рассматриваемых компонентов в 20 пробах обычных видов магнезитов и спекшейся магнезии и их стандартов (табл. VI—X). Способ благодаря своей точности и высокой скорости автором рекомендуется для проведения серийных анализов.

Рис. 1. Влияние концентрации хлористоводородной кислоты ($C[M]$) на абсорбционный сигнал кремния и алюминия.

Рис. 2. Влияние концентрации щелочных металлов ($C[мг/мл]$) на абсорбционный сигнал кремния и алюминия.