

**COLEGIUL EDITORIAL
EDITORIAL BOARD**

Președinte/Chairman

Prof. **ION TEOREANU**

Universitatea POLITEHNICA București – România

Secretar-Secretary

Dr. **VASILICA DIMA**

PROCEMA S.A. București - România

Membri / Members

Prof. **ECATERINA ANDRONESCU**

Universitatea POLITEHNICA București - România

Prof. **PETRU BALTĂ**

Universitatea POLITEHNICA București – România

Prof. **NORMANDO PERAZZO BARBOSA**

Centre of Technology, Federal University of

Paraíba, Brasil

Dr. **FRANCIS CAMBIER**

Centre de Recherches de L'industrie Belge de la

Céramique, Mons - Belgium

Prof. **LILIANA CRĂCIUNESCU**

Universitatea Tehnică de Construcții București -

România

Dr. **CRISTINA DUMITRESCU**

CEPROCIM S.A. București - România

Prof. **MIHAI ENACHE**

Universitatea Tehnică Timișoara - România

Dr. **CHARLES FENTIMAN**

Cement Concrete Research Centre, Horsam, UK

Prof. **MARIA GEORGESCU**

Universitatea POLITEHNICA București - România

Dr. **TRAIAN ISPAS**

PROCEMA S.A. București - România

Prof. **IOAN LAZĂU**

Universitatea Tehnică Timișoara – România

Prof. **LIVIU LITERAT**

Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj Napoca-România

Prof. **MARCELA MUNTEAN**

Universitatea POLITEHNICA București – România

Prof. **IOANNA PAPAYIANNI**

Aristotle University Thessaloniki

Department of Civil Engineering

Laboratory of Building Materials – Greece

Prof. **MARIA PREDĂ**

Universitatea POLITEHNICA București - România

Dr. **DORU PUȘCAȘU**

CEPROCIM S.A. București - România

Dr. **EMIL ROȚIU**

Institutul Național de Sticlă (INS) București –

România

Dr. **NELU SPIRATOS**

Handy Chemicals Company – Canada

Dr. **MARIA ZAHARESCU**, membru corespondent

al Academiei Române, Institutul de chimie – fizică

« I.G. Murgulescu » al Academiei Române

Dr. **VLADIMIR ZIVICA**

Institute of Constructions and Architecture, Slovak

Academy of Sciences - Slovakia

Coordonator

Ing. **ION BERCA**

Redactor

Ing. **VIRGINIA MOLDOVEANU**

Tehnoredactare computerizată

Ing. **ANDREIA DĂNILĂ**

Este interzisă conform legii, reproducerea integrală sau parțială a conținutului revistei, pe orice cale și prin orice mijloace, fără acordul scris al redacției și autorului care deține dreptul de copiere

ION TEOREANU, ȘTEFANIA STOLERIU, MIHAI BRATU

Rolul activatorului la întărirea sistemelor liante cimentoid – puzzolană.....216

The activator influence at hardening process of cementitious – pozzolana

binding systems

Le rôle de l'activateur au durcissement des systèmes ciment-pozzolane

Die Rolle des Aktivators bei der Erhärtung von Puzzolan – Zementoid Bindern

DO DUC OANH, TRAN VAN HUYNH, MARCELA MUNTEAN

Influența unor oxizi minori asupra proprietăților hidraulice

ale brownmilleritului.....226

Influence of minor oxides upon the brownmillerite hydraulic properties

L'influence de certains oxydes mineurs sur les propriétés hydrauliques

du brownmillerite

Einfluss der kleinen quantitäten Oxide auf die hydraulische

Eigenschaften der Brownmillerite

PETRU BALTĂ

Fragilitatea topiturilor silicatică – corelația cu bazicitatea.....231

The fragility of silicate melts – correlation with basicity

La fragilité des fontes silicatiques – corrélation avec la basicité

Wechselbeziehungen der Unbeständigkeit von Silikatschmelzen

mit ihrer Basizität

OVIDIU DUMITRESCU, DOREL RADU

Dependența proprietăților de compoziția oxidică

pentru sticle de tipul (35-x) Na₂O.xAl₂O₃.65B₂O₃.....239

Dependence of properties on oxide composition for glasses

(35-x).Na₂O.xAl₂O₃.65B₂O₃

La dépendance des propriétés de la composition chimique pour des verres

du type (35-x).Na₂O.xAl₂O₃.65B₂O₃

Abhängigkeit der Eigenschaften von (35-x)Na₂O.xAl₂O₃.65B₂O₃ Glasern

von ihrer Zusammensetzung

ILEANA MOHANU, ECATERINA ANDREESCU, FLORIN AMZICĂ,

DUMITRU MOHANU

Materiale liante destinate conservării și restaurării

suportului picturilor murale.....244

Binding materials for the conservation and restoration

of mural painting support

Matériaux liants destinés à la conservation et à la restauration

du support de la peinture murale

Bindemittel für die Erhaltung und Restaurierung der Grundlage

für Wandmalereien

Apariții noi.....188

SELX XVI – Schimbul de experiență al laboratoarelor de construcții,

Neptun, 7-9 octombrie 2004.....215

Conferința Internațională de Chimie și Inginerie Chimică,

București, 22-24 septembrie 2005.....215

20 septembrie (1459) – ziua orașului București.....251

Sighișoara – un oraș muzeu.....252

Al 7-lea congres Internațional de Inginerie Chimică, incluzând și

Al 5-lea Congres European de Inginerie Chimică, Glasgow – Scoția,

10-14 iulie 2005/ 7th World Congress of Chemical Engineering,

incorporating The 5th European Congress of Chemical Engineering,

Glasgow - Scotland, 10-14 July 2005.....254

Manifestări științifice.....182, 195, 215, 238, 243, 254

**DEPENDENȚA PROPRIETĂȚILOR DE COMPOZIȚIA OXIDICĂ
PENTRU STICLE DE TIPUL $(35-x)\text{Na}_2\text{O}\cdot x\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 65\text{B}_2\text{O}_3$
DEPENDENCE OF PROPERTIES ON OXIDE COMPOSITION
FOR GLASSES $(35-x)\text{Na}_2\text{O}\cdot x\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 65\text{B}_2\text{O}_3$**



Sticlele din sistemul $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3$ prezintă atât interes practic, cât și teoretic. Interesul teoretic este motivat de posibilele modificări ale numărului de coordinare pentru bor și aluminiu, în funcție de compoziția chimică efectivă. Este de așteptat ca aceste modificări compoziționale și structurale să inducă unele schimbări ale proprietăților sticlelor.

În această primă parte a lucrării au fost elaborate o serie de sticle definite de formula molară $(35-x)\text{Na}_2\text{O}\cdot x\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 65\text{B}_2\text{O}_3$ ($x = 0; 5; 10; 12,5; 15; 17,5$ % mol.). Pentru aceste sticle elaborate au fost determinate experimental o serie de proprietăți: T_g , $T_{\text{înmuierare}}$, coeficientul de dilatare termică liniară, indicele de refracție, densitatea.

Pentru proprietățile de interes considerate s-au indicat dependențele de compoziția oxidică a sticlelor exprimate în modalități diferite. Rezultatele experimentale au fost comparate și validate de date similare de literatură.

Glasses within the system $\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3$ present both practical and theoretical interest. The theoretical one is motivated by the possible alteration of the coordination number for boron and aluminium as a function of actual chemical composition. Therefore, it is expected that compositional and structural changes will modify some of glass properties.

First part of our work was devoted to preparation of glasses defined by the molar formula $(35-x)\text{Na}_2\text{O}\cdot x\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 65\text{B}_2\text{O}_3$ ($x = 0; 5; 10; 12,5; 15; 17,5$ % mol.). On the prepared glasses there were determined several properties: T_g , $T_{\text{softening}}$, linear thermal expansion coefficient, refractive index, density.

For certain properties, the dependence on chemical composition of glasses was expressed in several ways. The experimental results were compared and validated with similar literature data.

Keywords: aluminoborate glasses, properties, correlations

1. Introducere

Sticlele din sistemele aluminoborice prezintă o structură complexă, manifestată printr-o evoluție interesantă a proprietăților. Există unele similitudini între structura sticlelor boratice sau aluminosilicice și structura sticlelor aluminoborice, dar în același timp și deosebiri esențiale ce determină această manifestare a proprietăților.

În sticlele alcalino-borice, evoluția fracției molare de bor tetracoordinat, N_4 , în funcție de compoziție, este caracterizată de următoarele observații [1]: la conținut de oxid alcalin scăzut (< 33 mol %), $N_4 = R = [\% \text{mol. } \text{M}_2\text{O}] / [\% \text{mol. } \text{B}_2\text{O}_3]$. În acest domeniu compozițional, fiecare moleculă de oxid alcalin convertește doi atomi de bor de la coordinația 3 la 4. N_4 ajunge la valoarea maximă la $R = 0,5$ (la 33% oxid alcalin), în timp ce la conținut mai mare de oxid alcalin, N_4 scade din nou, apropiindu-se de 0 când $R = 2$. În mod remarcabil, maximul lui N_4 poate să fie corelat cu valorile de minim sau maxim pentru multe din proprietățile termice și mecanice ale sticlelor alcalino-borice (cunoscută ca „anomalie borică”).

Introducerea Al_2O_3 în sticlele alcalino-borice la un R constant determină o micșorare a N_4 . Această variație este datorată consumului de oxid modificador pentru conversia Al prezent, în unități AlO_4 (Al tetracoordinat), în detrimentul conversiei $\text{B}_3 \rightarrow \text{B}_4$. Totuși nu tot Al este tetracoordinat, chiar la valori ale

1. Introduction

The glasses obtained within the aluminoborate systems present a complex structure recorded through an interesting evolution of their properties. There are some similarities between the structure of borate or aluminosilicate glasses and the structure of aluminoborate glasses but also essential differences that induce that specific variation of properties.

In alkali-borate glasses, the progress of molar fraction for fourfold coordinated boron, N_4 , as function of composition can be characterized as follows [1]: for low alkali oxide content (< 33 mol %), $N_4 = R = [\% \text{mol. } \text{M}_2\text{O}] / [\% \text{mol. } \text{B}_2\text{O}_3]$. For this compositional domain, each alkali oxide molecule converts two boron atoms from coordination 3 to 4. Thus, N_4 reaches its maximum value for $R = 0.5$ (33% mol. alkali oxide), whilst for a higher content of alkali oxide, N_4 drops back, tending effectively to zero when $R = 2$. Remarkably, the maximum of N_4 can be correlated with the maximum or minimum values for several thermal and mechanical properties of alkali-borate glasses (the “boric anomaly”).

The adding of Al_2O_3 in alkali-borate glasses, for a constant R , lowers the value of N_4 . This variation can be understood due to the “consumption” of modifying oxide for the conversion of present Al into AlO_4 structural units (fourfold coordinated Al), instead of $\text{B}_3 \rightarrow \text{B}_4$ conversion. However, not all Al is

raportului $k = [\% \text{mol. Al}_2\text{O}_3] / [\% \text{mol. M}_2\text{O}] = 1$, deoarece există încă B4. Studiile de MAS-RMN au confirmat prezența Al în coordinare 6, într-un domeniu larg compozițional. Aceste rezultate sunt fundamental diferite de situația sticlelor aluminosilicatică sau aluminofosfatice [2-5], unde Al6 este detectat numai dacă raportul k este supraunitar.

În timp ce în sticlele aluminosilicatică formarea Al4 are prioritate față de orice alt proces de formare al rețelei, în sticlele aluminoborice, Al și B concurează pentru oxidul modificator aproape la fel. Raportul final dintre cele două procese de conversie ($B3 \rightarrow B4$ și $Al6 \rightarrow Al4$) depinde și de natura cationului. Na și K favorizează conversia Aluminiului, în timp ce Li și Pb favorizează conversia Borului, rezultând astfel un procent mai mare de Al6 în structură [1,4,5].

În această lucrare, reprezentând prima parte a studiului, se redau o serie de rezultate referitoare la corelația compoziție – proprietăți pentru sticle din sistemul $\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3$.

2. Obținerea sticlelor și determinarea proprietăților.

Au fost elaborate diferite sticle de următoarele compoziții: $(35-x) \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot x \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 65 \text{B}_2\text{O}_3$, ($x = 0; 5; 10; 12.5; 15; 17.5\% \text{ mol.}$). Materiile prime utilizate au fost Na_2CO_3 , H_3BO_3 și Al_2O_3 . Acestea au fost topite în creuzete de platină la circa 1000°C și menținute la această temperatură 3 ore pentru atingerea echilibrului chimic structural. Toate probele obținute au fost recoapte la temperatura T_g , conform datelor de literatură, temperatură determinată apoi dilatometric și corectată pentru următoarea serie de probe. Pe probele obținute s-au măsurat dilatometric, T_g , coeficientul de dilatare termică liniară, α și temperatura de înmuiere dilatometrică, T_{id} . De asemenea, s-a determinat densitatea, d , indicele de refracție, n .

3. Rezultate și discuții

În tabelul 1 sunt prezentate compozițiile sticlelor elaborate precum și valorile coeficienților R și k definiți mai înainte.

În tabelul 2 sunt prezentate valorile proprietăților măsurate alături de valorile culese din literatură pentru sticle de aceeași compoziție sau compoziție apropiată [6-8]

În figurile 1 – 12 se indică variația proprietăților măsurate pentru sticlele elaborate (T_g , α , n și d) în funcție de procentul molar $x \text{ Al}_2\text{O}_3$, de R și respectiv de k .

fourfold coordinated, even for $k = [\% \text{mol. Al}_2\text{O}_3] / [\% \text{mol. M}_2\text{O}] = 1$, as B4 still is present. MAS-NMR studies have confirmed the sixfold coordination of Al for a large compositional domain. These results are essentially different from the situation of aluminosilicate or aluminophosphate glasses [2-5], where Al6 is detected only if k is larger than unity.

As in aluminosilicate glasses the formation of Al4 has priority in front of any other process for network formation, Al and B are competing for the modifying oxide almost similarly. The final ration between the two conversion processes ($B3 \rightarrow B4$ and $Al6 \rightarrow Al4$) depends on cation nature. Na and K favour the conversion of aluminium while Li and Pb that of boron, so resulting a higher percentage of Al6 in glass structure [1,4,5].

The present paper, as a first part of our study, deals with several results employing composition – property correlation for glasses from the system $\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3$.

2. Experimental

There were obtained several glasses having the molar composition $(35-x) \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot x \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 65 \text{B}_2\text{O}_3$, ($x = 0; 5; 10; 12.5; 15; 17.5\% \text{ mol.}$). The raw materials were the usual Na_2CO_3 , H_3BO_3 and Al_2O_3 . The batches were melted in Pt crucible at 1000°C and maintained at this temperature for 3 h to achieve the structural chemical equilibrium. All samples were then annealed at T_g , according to literature data, temperature that was determined using dilatometry and then corrected for the next series of samples. Properties as T_g were determined as described above, as well as linear thermal coefficient, α , the softening temperature, $T_{\text{softening}}$, density, d , refractive index, n .

3. Results and discussion

In Table 1 are listed the composition of obtained glasses and the values of coefficients R and k , previously defined.

Table 2 shows the values of measured properties next to literature data for glasses having similar or close compositions [6-8]

Figures 1 – 12 present the variation of measured properties for the obtained glasses as function of alumina content, R and k , respectively.

Table 3 shows the values for the regression coefficients B_0 , B_1 , B_2 and B_3 as well as for the correlation coefficient, r^2 , corresponding to the general relation

$$Y = B_0 + B_1 \cdot X + B_2 \cdot X^2 + B_3 \cdot X^3 \quad (1)$$

Tabelul 1

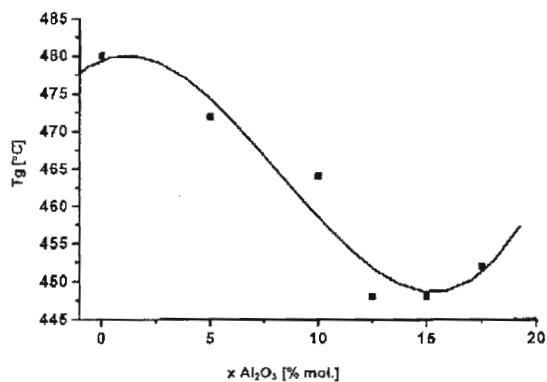
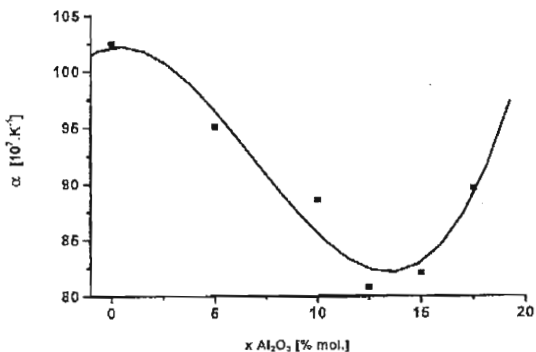
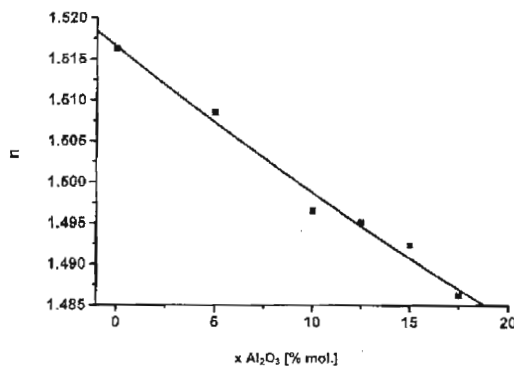
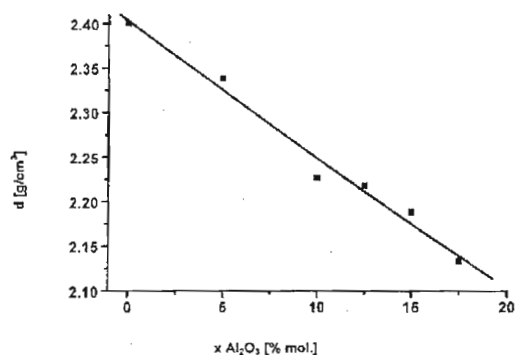
Compoziția sticlelor elaborate și valorile coeficienților R și k pentru sticlele $(35-x)\text{Na}_2\text{O} \cdot x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 65\text{B}_2\text{O}_3$.
Composition of glasses and values of R and k coefficients for glasses $(35-x)\text{Na}_2\text{O} \cdot x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 65\text{B}_2\text{O}_3$.

Nr. sticlă Glass index	x [% mol]	Na ₂ O [% mol.]	Al ₂ O ₃ [% mol.]	B ₂ O ₃ [% mol.]	R = [%mol. M ₂ O] / [%mol. B ₂ O ₃]	k = [%mol. Al ₂ O ₃] / [%mol. M ₂ O]
G1	0	35	0	65	0.5385	0.00
G2	5	30	5	65	0.4615	0.1667
G3	10	25	10	65	0.3846	0.4000
G4	12.5	22.5	12.5	65	0.3462	0.5556
G5	15	20	15	65	0.3077	0.7500
G6	17.5	17.5	17.5	65	0.2692	1.0000

Tabelul 2

Valorile proprietăților măsurate [exp.] și a celor din literatură [6-8] pe sticlele $(35-x)\text{Na}_2\text{O} \cdot x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 65\text{B}_2\text{O}_3$.
Experimental [exp.] and literature data [6-8] for several properties for glasses $(35-x)\text{Na}_2\text{O} \cdot x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 65\text{B}_2\text{O}_3$.

x	Compoziția oxidică Oxidic composition [% mol]			T _g [°C]		α [10 ⁷ .K ⁻¹]			n		d [g/cm ³]		
	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	[8]	exp.	[6]	[7]	exp.	[7]	exp.	[6]	[7]	exp.
0	35	0	65		480		104	102.5	1.5159	1.5162		2.399	2.4
2.5	32.5	2.5	65				94		1.5128			2.373	
5	30	5	65		472	113	90	95.1	1.5087	1.5085		2.339	2.338
7.5	27.5	7.5	65				88		1.5029			2.299	
9.7	25	9.7	65.2	467									
10	25	10	65		464	114.6	79	88.6	1.4959	1.4965	2.217	2.227	2.227
12.5	22.5	12.5	65		448		69	80.8	1.4949	1.4951		2.219	2.218
15	20	15	65		448	107.9	72	82.1	1.4918	1.4923		2.191	2.188
17.5	17.5	1.5	65		452			89.7		1.4862			2.133

Fig. 1 - Variația T_g în funcție de procentul molar de Al₂O₃ / T_g as function of % mol. Al₂O₃.Fig. 2 - Variația coeficientului de dilatare termică liniară, α, în funcție de x Al₂O₃ / Variation of linear thermal expansion, α, with Al₂O₃ content.Fig. 3 - Variația indicelui de refracție, n, în funcție de procentul molar de Al₂O₃ / Refractive index, n, as function of % mol. Al₂O₃.Fig. 4 - Variația densității, d, în funcție de procentul molar de Al₂O₃ / Density, d, as function of Al₂O₃ content in glass.

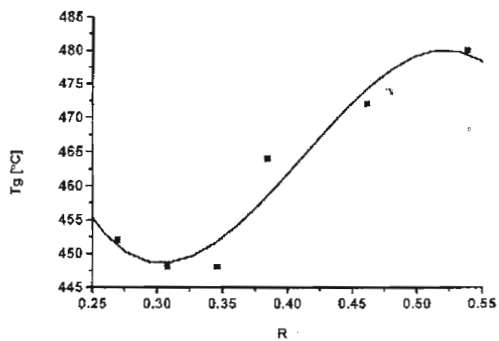


Fig. 5 - Variația T_g în funcție de raportul R / T_g function of R ratio.

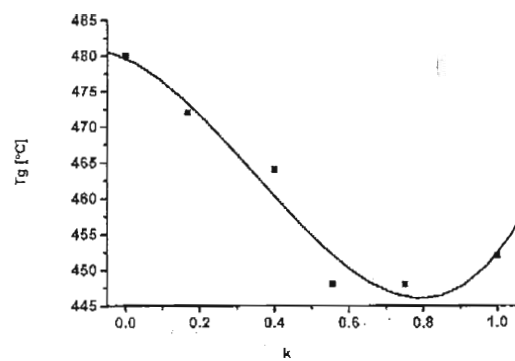


Fig. 9 - Variația T_g în funcție de raportul k / T_g function of k ratio.

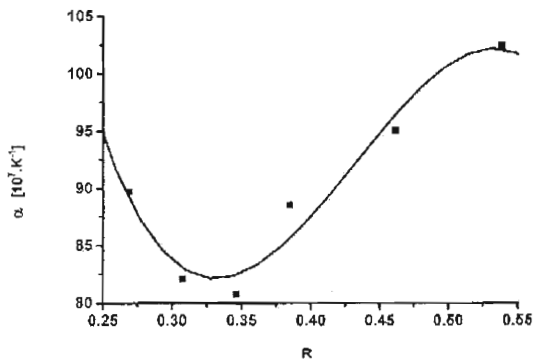


Fig. 6 - Variația coeficientului de dilatare termică liniară, α , în funcție de raportul R / Linear thermal expansion coefficient, α , versus R ratio.

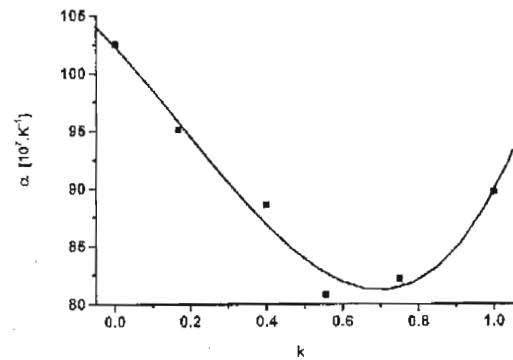


Fig. 10 - Variația coeficientului de dilatare termică liniară, α , în funcție de raportul k / Linear thermal expansion coefficient, α , versus k ratio.

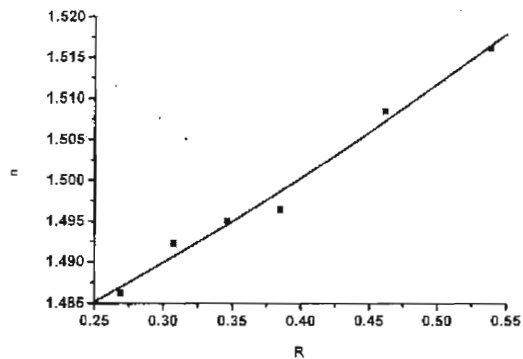


Fig. 7 - Variația indicelui de refracție, n , în funcție de raportul R. Variation of refractive index, n , with R ratio.

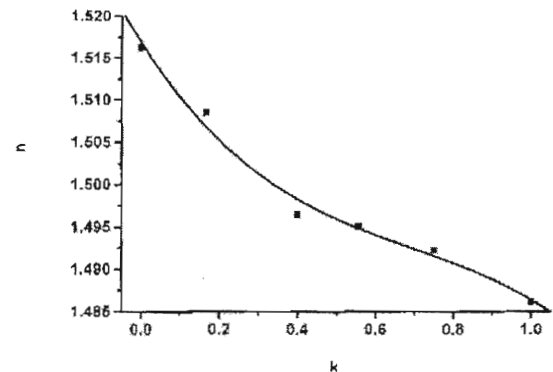


Fig. 11 - Variația indicelui de refracție, n , în funcție de raportul k. Refractive index, n , as function of k ratio.

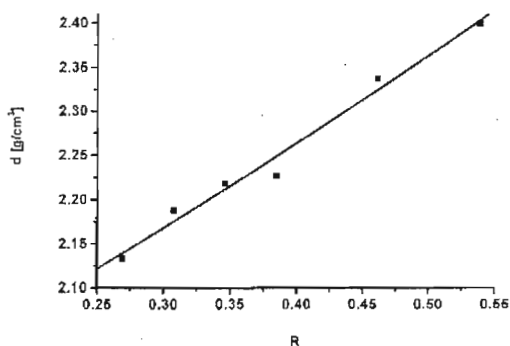


Fig. 8 - Variația densității, d , în funcție de raportul R / Density of glasses, d , function of R ratio.

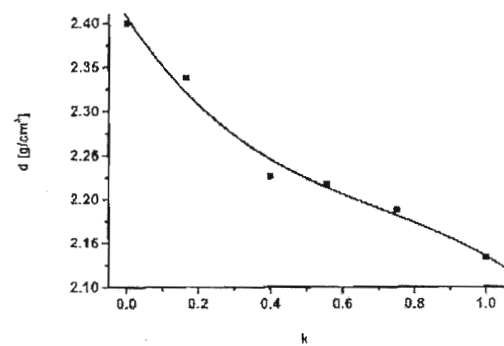


Fig. 12 - Variația densității, d , în funcție de raportul k / Density of glasses, d , function of k ratio.

Tabelul 3

Valorile parametrilor de regresie B_0 , B_1 , B_2 și B_3 precum și a coeficientului de corelație r^2
 Values of regression coefficients B_0 , B_1 , B_2 and B_3 , and of correlation coefficient r^2 .

Figura Figure	Variabila Y Variable Y	Variabila X Variable X	B_0	B_1	B_2	B_3	r^2
1.	Tg [°C]	x Al ₂ O ₃ [% mol]	479.9282	1.13044	-0.54324	0.02206	0.94349
2.	α [10 ⁷ K ⁻¹]	x Al ₂ O ₃ [% mol]	102.19098	0.2692	-0.37185	0.01792	0.95492
3.	n	x Al ₂ O ₃ [% mol]	1.51649	-0.0019	1.2442·10 ⁻⁵	0	0.98429
4.	d [g/cm ³]	x Al ₂ O ₃ [% mol]	2.40327	-0.01585	4.3515·10 ⁻⁵	0	0.98170
5.	Tg [°C]	R	799.58996	-2872.6673	7494.50407	-6060.8689	0.94344
6.	α [10 ⁷ K ⁻¹]	R	424.20583	-2605.1287	6376.92805	-4920.4054	0.95495
7.	n	R	1.46506	0.06728	0.0524	0	0.98430
8.	d [g/cm ³]	R	1.90167	0.83319	0.18255	0	0.98171
9.	Tg [°C]	k	479.66922	-23.88502	-99.62257	96.09445	0.96084
10.	α [10 ⁷ K ⁻¹]	k	102.30534	-35.54833	-28.25195	51.2893	0.97734
11.	n	k	1.51683	-0.07267	0.08132	-0.03905	0.98855
12.	d [g/cm ³]	k	2.4062	-0.6091	0.6413	-0.30333	0.98513

În tabelul 3 se prezintă valorile parametrilor de regresie B_0 , B_1 , B_2 și B_3 precum și a coeficientului de corelație r^2 , corespunzător relației de dependență de tipul:

$$Y = B_0 + B_1 \cdot X + B_2 \cdot X^2 + B_3 \cdot X^3 \quad (1)$$

pentru fiecare din figurile 1 – 12.

Pe baza rezultatelor obținute se evidențiază o serie de observații preliminare:

- valorile măsurate pentru proprietățile considerate de interes concordă bine cu cele indicate în literatura de specialitate;
- în majoritatea cazurilor, compoziția oxidică a sticlelor studiate se evidențiază ca parametru important de influență asupra proprietăților;
- dependențele grafice proprietăți – compoziție prezentate relevă, în unele cazuri, schimbări de monotonie, ceea ce motivează continuarea investigațiilor la nivel structural pentru sticlele studiate. În mod concret se au în vedere numerele de coordinare ale borului (3 și/sau 4) și ale aluminiului (4 și/sau 6).

BIBLIOGRAFIE

1. Emsley J.W., Feeney J. – "Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy", Pergamon Press, Oxford, England, 1992.
2. Radu D., Dumitrescu O., Elișa M. - "Properties correlation on basicity for some glasses from Al₂O₃ - NaPO₃ system", Materiale de Construcții, 2000, **30** (1), p.34.
3. Dumitrescu O., Radu D., Elișa M., Volceanov A. - "Basicity of alumina-phosphate glasses", Proceedings on CD of the Challenges and Break-through Technologies, ICG Annual meeting, 15-17 May 2000, Amsterdam, Holland, Session PS2.2, p.1-7.
4. El-Damrawi G., Muller-Warmuth W., – ¹¹B, ²⁹Si and ²⁷Al nuclear magnetic resonance studies of Na₂O-Al₂O₃-B₂O₃-SiO₂ glasses", Phys. Chem. Glasses, 1993, **34** (2), p.52.
5. Dupree R., Holland D., Williams D.S. – "An examination by magic angle spinning NMR of the changes in the environment of ²⁷Al during the devitrification of an aluminoborate glass", Phys. Chem. Glasses, 1985, **26** (2), p.50.
6. Moore H., McMillan P.W., SciGlass 3.5 – Scientific Software on CD, SciVision, Boston, USA, 1998.
7. Chandappa N., Simpson H. - SciGlass 3.5 – Scientific Software on CD, SciVision, Boston, USA, 1998.
8. Martin S.W., Angell C.A., J.Non-Cryst.Solids, 1984, **66** (3), p.429.

Manifestări științifice 2004

23.09
Munich (D)

Materialica 2004, 7th International Trade Fair for Materials Applications, Surface Technology and Product Engineering with MATERIALS WEEK Congress, www.materialica.de