

**MATERIAL REFRACTAR  
CU REZISTENȚĂ ÎNALTĂ  
LA CONTACTUL DIRECT CU  
METALUL ÎN STARE TOPITĂ**

**REFRACTORY MATERIAL  
WITH HIGH STRENGTH TO  
DIRECT CONTACT WITH  
MOLTEN METAL**

**L. PĂUNESCU<sup>1</sup>, M. HRIȚAC<sup>1</sup>, T. IORDĂNESCU<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>CERMAX 2000 PATENTS SRL București**

**<sup>2</sup>Institutul de Cercetări Metalurgice București**

**Person contact: lucian.paunescu.cermax@gmail.com**

---

**REZUMAT / ABSTRACT**

**L**ucrarea prezintă rezultate ale cercetării în fază de laborator, efectuate de un colectiv de cercetători de la societatea Cermax 2000 Patents SRL București, în domeniul materialelor refractare cu rezistență înaltă la contactul direct cu metal în stare topită.

Autorii și-au concentrat eforturile asupra materialelor refractare cu caracteristici termice și mecanice deosebite, realizate prin presare, destinate înlocuirii materialelor uzuale care compun stratul de uzură al oalelor de turnare din siderurgie.

Rezultatele obținute, deocamdată în fază de laborator, sunt promițătoare, caracteristicile materialului realizat corespunzând scopului tehnologic propus. Conductivitatea termică are valori de 0,53 - 0,59 W/m·°C, rezistența la compresiune este cuprinsă între 22 - 25 MPa, refractaritatea are valori între 1560 - 1600 IP, iar densitatea materialului se situează între 1,25 - 1,35 g/cm<sup>3</sup>.

**T**he paper presents research results in the laboratory phase carried out by a team of researchers from the company Cermax 2000 Patents SRL Bucharest, in the refractory materials with high strength to direct contact with molten metal.

Authors focused their effort on the refractory materials with outstanding thermal and mechanical features, performed by pressing, for replacement of usual materials that make up the wear layer of steel ladles.

The results obtained, so far in the laboratory stage, are promising, made material characteristics corresponding proposed technological purpose. The thermal conductivity has values between 0.53 - 0.59 W/m·°C, the compressive strength is between 22 - 25 MPa, the refractoriness is 1560 - 1600 IP and the material density is between 1.25 - 1.35 g/cm<sup>3</sup>.

Key words: refractory material, ladle, metallurgy, high strength, thermal conductivity

**1. INTRODUCERE**

În general, materialele refractare utilizate în sectoarele calde ale industriei (metalurgie, industria materialelor de construcții, industria sticlei etc.) au reprezentat și încă mai reprezintă, o soluție viabilă pentru realizarea căptușelilor refractare de uzură ale cuptoarelor și oalelor de turnare în siderurgie.

Datorită proprietăților lor, aceste materiale asigură o bună conservare a energiei termice dezvoltate în spațiul tehnologic pe care îl protejează, astfel încât,

**1. INTRODUCTION**

Generally, the refractory materials used in the hot sectors of industry (metallurgy, building materials industry, glass industry etc.) represented and still represent, a viable solution for the achievement of wear refractory liners of furnaces and ladles in the steel industry.

Due to their properties, these materials ensure a good conservation of the thermal energy developed inside that protect, such that heat losses to the outside are

pierderile de căldură către exterior sunt relativ mici, cu efect direct asupra diminuării consumurilor specifice de combustibil sau energie electrică.

## **2. TENDINȚA ACTUALĂ PE PLAN MONDIAL DE MODERNIZARE ȘI EFICIENTIZARE A MATERIALELOR REFRACTARE**

În ultimele decenii, tendința pe plan mondial de eficientizare a căptușelilor refractare se manifestă tot mai pregnant. Soluții moderne de materiale refractare, cu caracteristici termice și mecanice sau proprietăți izolatoare remarcabile au fost experimentate sau sunt în curs de experimentare, conform literaturii de specialitate.

Au fost proiectate și realizate noi tipuri de betoane refractare superaluminioase cu dozaj redus (5 - 10%) sau ultraredus (sub 5%) de ciment [1 - 3], materiale refractare speciale obținute prin presare [3 - 5] sau tehnologii inovatoare de îmbunătățire a calității materialelor refractare pe bază de dolomită și magnezită [3, 6].

Datorită proprietăților lor termice și mecanice, toate aceste materiale permit contactul direct cu metalul aflat în stare topită, situație concretă a căptușelii refractare a oalelor de turnare.

## **3. CONTRIBUȚIA LA DEZVOLTAREA DOMENIULUI MATERIALELOR REFRACTARE SPECIALE OBȚINUTE PRIN PRESARE**

Materialele refractare care vin în contact direct cu metalul topit reprezintă niște materiale speciale, care înglobează simultan și la nivel înalt, o serie de caracteristici fizice [3]:

- conductivitate termică foarte scăzută;
- rezistență mecanică foarte bună;
- rezistență ridicată la șocuri termice;
- refractaritate înaltă;
- stabilitate structurală.

În prezent, este încă în curs de cercetare la societatea Cermax 2000 Patents SRL București un tip de produse refractare (numite CERMAPRES), care se încadrează în categoria materialelor refractare cu proprietăți speciale obținute prin presare.

### **3.1. Proiectarea tipului de produse CERMAPRES**

Având în vedere ansamblul caracteristicilor termice, mecanice și structurale și nivelul calitativ ridicat al acestor caracteristici, pe care noul tip de produse trebuie să le cuprindă, colectivul de autori a adoptat o compoziție care include alumină tabulară, magnezită, silice amorfă și rășină fenolică polimerizată (material organic care are rolul întăririi produsului în timpul

*relatively small, with direct effect on reducing specific consumptions of fuels or electricity.*

## **2. CURRENT TREND WORLDWIDE FOR MODERNIZING AND EFFICIENCY IMPROVEMENT OF THE REFRACTORY MATERIALS**

*In the last decades, the trend worldwide to efficiency of refractory linings is highlighted more strongly. Modern solutions of refractory materials, with remarkable thermal and mechanical characteristics or insulating properties have been tested or are being tested, according to the literature.*

*They have been designed and performed new types of super aluminous concretes with low (5 - 10%) or ultra low (less than 5%) cement dosage [1 - 3], special refractory materials obtained by pressing [3 - 5] or innovative technologies to improve the quality of refractory materials based on dolomite and magnesite [3, 6].*

*Due their thermal and mechanical properties, all these materials allow direct contact with the molten metal, concrete situation of ladles refractory lining.*

## **3. CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF SPECIAL REFRACTORY MATERIALS OBTAINED BY PRESSING**

*The refractory materials that come in direct contact with the molten metal are some special materials, which simultaneously and to high level include a number of physical characteristics [3]:*

- very low thermal conductivity;
- very good mechanical strength;
- high resistance to thermal shock;
- high refractoriness;
- structural stability.

*Currently, is still being laboratory research in the company Cermax 2000 Patents SRL Bucharest a refractory products type (named CERMAPRES), that falls into the category of refractory materials with special properties obtained by pressing.*

### **3.1. Designing of CERMAPRES products type**

*Given entirety of the thermal, mechanical and structural features and the high quality level of these features, that the new products type must include them, the team of authors adopted a composition comprising tabular alumina, magnesite, amorphous silica and polymerized phenolic resin (an organic material which has the role to strengthen the product*

procesului de fabricație și contribuie foarte mult la creșterea rezistenței acestuia la foc).

Au fost proiectate trei variante de produse refractare cu următoarele participații ale materialelor componente (% masice) conform **Tabelului 1**.

during the manufacturing process and contributes greatly to increase its resistance to fire).

Three variants of refractory products were designed, with the following participations of the raw materials components (mass %) according **Table 1**.

Tabelul 1. Compoziții de fabricare (% masice)

Table 1. Manufacturing composition (mass %)

Component name	Variant		
	No. 1	No. 2	No. 3
Tabular alumina	60	70	80
Magnesite	35	25	10
Amorphous silica	5	5	10
Total	100	100	100
Polymerized phenolic resin added	3 - 5	3 - 5	3 - 5

În **Tabelul 2** sunt prezentate compozițiile chimice ale componentelor materialului refractar.

In **Table 2** are presented the chemical compositions of the refractory material components.

Tabelul 2. Compoziția chimică a componentelor

Table 2. The chemical composition of components

Component	Chemical composition, % masice							
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	MgO	Alkalis	C	Loss by calcination
Tabular alumina	99.50	0.06	0.03	0.06	-	0.20	-	-
Magnesite	0.30	5.28	7.80	0.12	86.50	-	-	-
Amorphous silica	0.46	1.73	1.10	87.50	-	-	3.20	4.30

### 3.2. Metodologia de realizare

Tehnologia adoptată pentru realizarea plăcilor presate a constat în: dozarea componentelor, amestecarea uniformă a componentelor într-o moară cu bile, turnarea amestecului într-o matriță, adăugarea rășinii fenolice și presarea amestecului în matriță, în vid.

Matrița este de formă paralelipipedică cu lungimea de 300 mm, lățimea de 100 mm și înălțimea de 12 mm, fiind introdusă într-o incintă etanșă, care este vidată la circa 0,01 atm cu ajutorul unei pompe de vid. Operația de presare în vid se realizează cu un dispozitiv mecanic, care poate dezvolta pe suprafața superioară a matriței o forță de 1,8 MPa.

După presare, se efectuează un proces de încălzire până la 1600°C într-un cuptor cu rezistențe electrice și răcirea liberă în cuptor.

Procesul de încălzire durează între 15 - 17 ore, iar răcirea circa 6 ore.

În **Tabelul 3** este prezentat schema încălzirii și răcirii materialului refractar presat.

### 3.2. Methodology

The adopted technology for pressure plate manufacture consisted of: dosing components, uniformly mixing of components in a mill, the mixture casting into a mold, adding of phenolic resin and pressing of mixture into the mold, in vacuum.

The mold has the shape of a parallelepiped with a length of 300 mm, a width of 100 mm and height of 12 mm, being inserted into a watertight enclosure, that is vacuum to about 0.01 atm by means of a vacuum pump. The vacuum pressing operation is carried out with a mechanical device that can develop on the upper surface of the mold a force of 1.8 MPa.

After pressing, a heating process is performed up to 1600°C inside of an electric resistance furnace, continued with cooling off in the furnace.

The heating process lasts between 15 - 17 hours and the cooling about 6 hours.

In **Table 3** is presented the heating and cooling procedure of the pressed refractory material.

Tabelul 3. Schema de încălzire - răcire a materialului refractar  
 Table 3. The heating - cooling procedure of the refractory material

Time, hours	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Temperature, °C	20	410	780	1020	1280	1430	1510	1580	1600	820	300	25

După răcire, placa refractară este extrasă din matriță și este supusă testelor în vederea determinării caracteristicilor fizice.

*After cooling, the refractory plate is extracted from the mold and is subjected to tests to determine the physical characteristics.*

### 3.3. Principalele rezultate ale testelor efectuate

### 3.3. Main results of the tests performed

În vederea caracterizării celor trei variante CERMAPRES s-au efectuat la Institutul de Cercetări Metalurgice București următoarele teste: conductivitatea termică (cu ajutorul aparatului din **Figura 1a**), rezistența la compresiune (cu presa cu acționare hidraulică din **Figura 1b**), refractaritatea (pe cuptorul oxi-combustibil din **Figura 1c**), densitatea și compoziția chimică a produsului refractar (cu spectrometrul cu fluorescență de raze X din **Figura 1d**).

*In order to characterize the three CERMAPRES variants, the following tests were carried out at the Metallurgical Research Institute Bucharest: thermal conductivity (using the apparatus of **Figure 1a**), compressive strength (with the hydraulic press of **Figure 1b**), refractoriness (on the oxy - fuel furnace of **Figure 1c**), density and chemical composition of the refractory product (with X - ray fluorescence spectrometer of **Figure 1d**).*



**Fig. 1.** Aparatura utilizată pentru caracterizarea materialului  
*Equipment used for the material characterization*

Rezultatele obținute sunt centralizate în **Tabelul 4**.

*Results are summarized in **Table 4**.*

Tabelul 4. Rezultatele testelor de caracterizare

Table 4. Characterization tests results

No.	Test name	U/M	Values		
			Variant 1	Variant 2	Variant 3
1.	Thermal conductivity	W/m·°C	0.53	0.58	0.59
2.	Compressive strength	MPa	22	23	25
3.	Refractoriness	IP	1560	1580	1600
4.	Density	g/cm <sup>3</sup>	1.25	1.35	1.28
5.	Chemical composition of the refractory product				
	- Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		59.83	69.75	79.68
	- Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		2.92	1.45	0.75
	- CaO	%	2.80	2.03	0.91
	- SiO <sub>2</sub>		4.45	4.45	8.81
	- MgO		30.28	21.62	8.65

Analizând datele din **Tabelul 4** se poate concluziona faptul că, în acest stadiu al cercetării în domeniul materialelor refractare speciale obținute prin presare, rezultatele obținute sunt promițătoare.

Conductivitatea termică a materialului are valori foarte scăzute (0,53 - 0,59 W/m·°C), în condițiile unui produs refractar cu densități scăzute (1,25 - 1,35 g/cm<sup>3</sup>), fiind indicată, din acest punct de vedere, utilizării la căptușirea oalelor de turnare.

Pe de altă parte, rezistența la compresiune, cuprinsă între 22 - 25 MPa, este suficient de ridicată pentru ca materialul să fie recomandat ca înlocuitor al stratului de uzură clasic al oalelor de turnare.

De asemenea, nivelul refractarității este foarte înalt (1560 - 1600 IP).

Comparând rezultatele obținute pentru cele trei variante de plăci refractare obținute prin presare, la prima vedere, diferențele dintre ele nu sunt semnificative. Totuși, varianta a treia, în a cărei componență intră 80% alumina tabulară, 10% magnezită și 10% silice, ar putea părea soluția cea mai bună.

Trebuie remarcat, însă, faptul că stadiul cercetării este încă într-o fază de laborator, iar rezultatele nu sunt probate practic.

#### 4. CONCLUZII

1. Perfecționarea materialelor refractare utilizate în condiții speciale constituie o importantă provocare pentru colectivele de cercetare care își desfășoară activitatea în acest domeniu.
2. Colectivul de cercetare de la Cermax 2000 Patents și-a concentrat eforturile asupra materialelor refractare cu rezistență înaltă la contactul direct cu metalul în stare topită.

Analyzing the data in **Table 4** it can be concluded that, in this stage of research in the field of special refractory materials obtained by pressing, the results are promising.

The thermal conductivity of material has very low values (0.53 - 0.59 W/m·°C), in conditions of a refractory product with low density (1.25 - 1.35 g/cm<sup>3</sup>), being indicated, from this viewpoint, using at the ladle linings.

On the other hand, the compressive strength values in the range 22 - 25 MPa are high enough for the material to be recommended as a replacement for the classic wear layer of ladles.

Also, the refractoriness level is very high (1560 - 1600 IP).

Comparing the results for the three variants of refractory plates obtained by pressing, at first glance, the differences between them are not significant. However, the third variant, in whose composition enter 80% tabular alumina, 10% magnesite and 10% silica, would seem the best solution.

However, it would be noted that the research stage is still at a laboratory stage and results are not proved in practice.

#### 4. CONCLUSIONS

1. The improving of refractory materials used in special conditions constitutes an important challenge for the research teams who work in this field.
2. The research team from Cermax 2000 Patents has focused its efforts on refractory materials with high strength at the direct contact with molten metal.

3. Rezultatele obținute, deocamdată în fază de laborator, sunt promițătoare din punctul de vedere al caracteristicilor fizice ale materialelor realizate (conductivitate termică între 0,53 - 0,59 W/m·°C, rezistență la compresiune între 22 - 25 MPa, refractaritate între 1560 - 1600 IP și densitate între 1,25 - 1,35 g/cm<sup>3</sup>).
4. Finalizarea cercetării este benefică nu numai pentru domeniul sectoarelor calde (metalurgie, industria materialelor de construcție, industria sticlei) ci și pentru rezolvarea, într-un mod foarte eficient, a problemei protecției construcțiilor civile și speciale împotriva focului deschis. Ecranele termice împotriva incendiilor constituie, de asemenea, o preocupare actuală a societății Cermax 2000 Patents.
3. *Results, yet obtained in the laboratory phase, are promising from the point of view of the physical characteristics of materials performed (thermal conductivity between 0.53 - 0.59 W/m·°C, compressive strength between 22 - 25 MPa, refractoriness between 1560 - 1600 IP and density between 1.25 - 1.35 g/cm<sup>3</sup>).*
4. *Completion of the research is beneficial not only for the hot sectors field (metallurgy, building materials industry, glass industry), but also to solve, very effectively, the problem of civil and special buildings protection against open fire. The fireproof thermal shields constitute, also, a current concern of the company Cermax 2000 Patents.*

#### BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- [1] **N. ANGELESCU, Gh. IONIȚĂ** - *Special concrete with aluminum cement*, Proceedings of Conference on Application and Marginal Materials in Construction - ARMICON 2006, Bagalore, India.
- [2] **N. ANGELESCU, F. OPREA** - *Monolitice speciale pentru oala de turnare din oțelării*, Editura Macarie, Târgoviște, 2002.
- [3] **L. PĂUNESCU** - *Eficientizarea fluxurilor tehnologice funcție de natura căptușelilor refractare ale oalelor de turnare din industria oțelului*, Teza de doctorat, Universitatea Valahia, Târgoviște, septembrie 2011.
- [4] **L.J. FISCHER at all.** - *Performance - proven insulation of a 60 to steel ladle with Skamol VIP - 12 HS*, Proceedings of AISTech 2006, vol. I, Cleveland, Ohio, USA.
- [5] **L. CAROLLA, J. COLE, S. LILLIE** - *Ladle*, US Patent 7074361 B2, Foseco International Ltd, March 2004.
- [6] **I. TEOREANU, N. CEOCEA** - *Tehnologia produselor ceramice și refractare*, vol. II, Editura Tehnică, București, 1985.