

IMPACTUL UTILIZĂRII COMBUSTIBILILOR ALTERNATIVI ASUPRA CARACTERISTICILOR COMPOZIȚIONALE ȘI STRUCTURALE ALE CLINCHERELOR

IMPACT OF THE ALTERNATIVE FUELS USE ON THE COMPOSITION AND ON THE STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF THE CLINKERS

MARIA GEORGESCU¹ GABRIELA NICULAE^{2*}

¹ Universitatea POLITEHNICA București, str. G. Polizu nr. 1-7, cod 011061, București, România

² CARPATCEMENT Holding, Bucharest Business Park, șos. București -Ploiești 1A, clădirea C, sect. 1, cod 013681

Coprocerea deșeurilor rezultate din alte industrii reprezintă o prioritate pentru industria cimentului, în eforturile sale în direcția dezvoltării durabile. În acest context devine extrem de importantă identificarea impactului pe care îl prezintă utilizarea combustibililor alternativi asupra compoziției și structurii clincherului și asupra proprietăților cimentului.

În lucrarea de față se prezintă datele unor investigații realizate asupra unor clinchere obținute prin arderea cu un amestec de combustibili alternativi, prin comparație cu date referitoare la un clincher obținut în aceeași instalație, dar prin arderea cu cărbune. Gradul de substituție termică a combustibilului tradițional cu combustibili alternativi a fost relativ mare, de 34 % - 60 %.

Investigațiile asupra compoziției mineralogice, realizate prin metoda Rietveld și asupra caracteristicilor structurale și texturale, realizate prin microscopie electronică SEM nu au pus în evidență deosebiri semnificative din punct de vedere al conținutului de faze mineralogice principale și al structurii și texturii, între clincherul ars cu combustibil tradițional și cele produse în aceeași instalație, dar la arderea cărora au fost utilizate diferite tipuri de combustibili alternativi și substituții termice de până la 60 %.

Waste derived from different industries co-processing represents a priority for cement industry in its efforts towards the sustainable development. In this respect, it becomes highly important identifying the impact of the alternative fuels use on the composition and structure of the clinker and on the cement properties.

The paper presents some investigations on some industrial clinkers produced by using a complex alternative fuel mix and a relatively high substitution rate of the traditional fuel with alternative fuels – 34 % - 60 %, in comparison with a reference clinker burnt using coal.

The investigations of the mineralogical composition by Rietveld method and of the structural and textural characteristics by electronic microscopy SEM, showed no significant difference in terms of main mineralogical compounds content and of the structure and textural appearance, between the clinker burnt with traditional fuels and the clinkers produced in the same installation, but using various types of alternative fuels and thermal substitution up to 60 %.

Keywords: waste-derived alternative fuels, clinker quality, Rietveld method, SEM

1. Introducere

La utilizarea combustibililor alternativi pe bază de deșeuri, există o serie de factori care pot limita consumul și care trebuie luați în considerare:

- influența negativă care ar putea să se manifeste asupra proceselor termo-chimice în sistemul cuptorului;
- nivelul și natura emisiilor de poluanți;
- posibile modificări ale compoziției și caracteristicilor structurale ale clincherului, cu influențe asupra calității cimentului.

Informațiile de literatură disponibile, care tratează implicațiile utilizării combustibililor alternativi asupra caracteristicilor clincherului, au în vedere mai ales situațiile în care gradele de sub-

1. Introduction

In using waste-based alternative fuels in the clinker kilns, there are some limitation factors which have to be taken into consideration:

- the negative influence that might manifest on the thermo-chemical process in the kiln system;
- the level and the nature of pollutant emissions;
- possible modifications of the composition and structural characteristics of the clinker, influencing the cement quality.

The available literature information dealing with the implication of the alternative fuels on the clinker characteristics explore mainly the situations

* Autor corespondent/Corresponding author,
Tel.: +40 21 311.59.75 , e-mail: gabriela.niculae@carpatcement.ro

stiuție ale combustibililor tradiționali nu sunt deosebit de ridicate [1 - 3]

Lucrarea prezintă aduce în discuție unele rezultate în ceea ce privește compoziția și structura unor clinchere arse cu combustibili alternativi, utilizați corespunzător unor grade de substituție termică relativ ridicate, până la 60 %.

2. Clinchere și amestecuri de combustibili utilizate

În scopul investigării impactului pe care îl au combustibilii alternativi pe bază de deșeuri asupra calității clincherului, au fost considerate 4 clinchere diferite: unul este ars utilizând doar combustibil tradițional (cărbune, la arzătorul principal și în calcinator), iar celelalte 3 clinchere sunt produse în aceeași instalație, cu utilizarea de diferite tipuri de combustibili alternativi, în diferite proporții de substituție termică. În tabelul 1 sunt prezentate clincherele utilizate în cadrul experimentărilor și amestecurile de combustibili, în fiecare caz.

Instalația de ardere este de tip cuptor rotativ cu schimbător de căldură în 4 trepte și calcinator. Contribuția fiecărui combustibil în amestec – gradul de substituție termică, cu combustibili alternativi, este calculat pe baza cantității și a puterii calorifice nete a fiecărui combustibil.

when no significantly high substitution rates of alternative fuels are used for clinker burning [1 - 3].

The present paper brings some results concerning the composition and structure of some clinkers burnt with rather many alternative fuels in relatively high thermal substitution up to 60 %.

2. Clinker and fuels mixes used

In order to investigate the impact of the waste based alternative fuels on the clinker quality, 4 different clinkers have been considered: one is burnt with only traditional fuel (coal at the main burner and in the calciner) and the other 3 clinkers are produced in the same installation, but using different types of alternative fuels and different substitution rates. In the table 1 the clinkers used in the experiments and the fuel mix in each case are presented.

The installation is a 4 stages cyclone preheater rotary clinker kiln with calciner. The contribution of each fuel in the mix – substitution rate for the alternative fuels, is calculated based on quantity and net calorific value of each fuel.

In order to establish the composition and the structure of the clinkers, the following methods have been considered: X-ray analysis, coupled

Tabelul 1

Clinchere, tipuri de combustibili și grade de substituție energetică
Clinkers, types of fuels and substitution rates

| No. | Cod clincher <i>Clinker code</i> | Combustibili <i>Fuels</i> | Substituție termică <i>Thermal substitution (%)</i> |
|-----|-------------------------------------|---|---|
| 1 | Cl 3 | Cărbune (arzător principal și calcinator) <i>Coal (main burner and calciner)</i> | 100 |
| 2 | Cl 3a1 | Cărbune (arzător principal și calcinator) / <i>Coal (main burner and calciner)</i> Combustibili alternativi / <i>Alternative fuels</i>, din care/out of which: Făină animală (arzător principal) / <i>Animal meal (main burner)</i> Fluff* (arzător principal) / <i>Fluff (main burner)</i> Rumeguș impregnat (arzător principal) / <i>Impregnated saw-dust (main burner)</i> Rumeguș impregnat (calcinator) / <i>Impregnated saw-dust (calciner)</i> Nămol de canalizare uscat (calcinator) / <i>Dried sewage sludge (calciner)</i> Anvelope uzate (capul rece) / <i>Old tires (kiln end)</i> Nămol de canalizare deshidratat (capul rece) / <i>Dewatered sewage sludge (kiln end)</i> | 66.1 33.9 10.2 3.7 10.2 2.1 0.5 6.0 1.2 |
| 3 | Cl 3a2 | Cărbune (arzător principal și calcinator) / <i>Coal (main burner and calciner)</i> Combustibili alternativi / <i>Alternative fuels</i>, din care/out of which: Făină animală (arzător principal) / <i>Animal meal (main burner)</i> Fluff* (arzător principal) / <i>Fluff (main burner)</i> Rumeguș impregnat (arzător principal) / <i>Impregnated saw-dust (main burner)</i> Rumeguș impregnat (calcinator) / <i>Impregnated saw-dust (calciner)</i> Anvelope uzate (capul rece) / <i>Old tires (kiln end)</i> | 46.2 53.8 15.1 5.5 4.1 19.5 9.5 |
| 4 | Cl 3a3 | Cărbune (arzător principal și calcinator) / <i>Coal (main burner and calciner)</i> Combustibili alternativi / <i>Alternative fuels</i>, din care/out of which: Făină animală (arzător principal) / <i>Animal meal (main burner)</i> Fluff* (arzător principal) / <i>Fluff (main burner)</i> Combustibil lichid (arzător principal) / <i>Liquid fuels (main burner)</i> Rumeguș impregnat (arzător principal) / <i>Impregnated saw-dust (main burner)</i> Făină animală (arzător principal) / <i>Animal meal (calciner)</i> Anvelope uzate (capul rece) / <i>Old tires (kiln end)</i> Nămol de canalizare deshidratat (capul rece) / <i>Dewatered sewage sludge (kiln end)</i> | 40.3 59.7 15.4 10.0 1.2 19.1 2.5 3.0 1.4 |

*fluff reprezintă fracția combustibilă din deșeurile municipale și industriale - materiale plastice, textile, lemn, tocate și amestecate pentru a fi utilizate sub formă de combustibil alternativ / *fluff represents the combustible fraction of the municipal waste and also industrial waste - plastics, textile, wood, shredded and mixed to become an alternative fuel*

Pentru caracterizarea compozițională și structurală a clincherelor, au fost considerate următoarele metode: analiza de difracție de raze X, cuplată cu analiza Rietveld și microscopia electronică cu baleiaj – SEM, utilizând microscopul electronic tip HITACHI S2 600 N.

3. Investigarea compozițională utilizând metoda Rietveld

Ultimii ani au adus consacrarea metodei Rietveld pentru caracterizarea cantitativă a amestecurilor de faze cristaline și aplicarea ei pentru analiza clincherului, datorită avantajelor pe care le prezintă. Spre deosebire de măsurarea maximelor singulare, caracteristică metodei uzuale de analiză de difracție cu raze X, prin metoda Rietveld este utilizată întreaga cantitate de informație din difractogramele de raze X ale pulberilor, fiind posibilă cuantificarea diferitelor forme polimorfe ale unor compuși – belit (α și β) și modificările cristalografice ale C_3A (cubic sau ortorombic). De asemenea, metoda furnizează și informații cristalografice suplimentare [4].

Utilizând metoda Rietveld au fost identificate nu numai fazele mineralogice principale - C_3S , C_2S , C_3A și C_4AF , dar și fazele minore, prezente în cantități mici: arcanit (K_2SO_4), aftitalit [$K_3Na(SO_4)_2$], periclaz (MgO), portlandit ($Ca(OH)_2$) și calce liberă.

Valorile cantitative ale conținutului în diferiții compuși mineralogici, determinate cu ajutorul analizei Rietveld, sunt prezentate în tabelul 2 și în figura 1.

În tabelul 3 se prezintă conținutul de C_3S și suma silicaților ($C_3S + C_2S$) în clinchere, considerând că aceste faze au cea mai importantă contribuție în caracteristicile cimenturilor preparate din clinchere – cu deosebire în proprietățile mecanice. Pentru comparație, se prezintă atât valorile obținute prin analiza de difracție de raze x – metoda Rietveld, cât și valorile calculate, prin metoda Bogue.

with Rietveld method and Scanning Electron Microscopy – SEM using a HITACHI S 2600 N microscope.

3. Composition investigation using Rietveld method

Over the last years, the Rietveld method was established for quantification of crystalline phase mixes and applied to the clinker analysis it displays a series of advantages. Contrary to single peak measurements, the entire information of an X-ray powder pattern is extracted by means of the Rietveld method.

Rietveld analysis offers also valuable information concerning the quantities of the polymorphic modifications of the belite (α and β) and of the aluminite (cubic and orthorhombic). The method provides also additional crystallographic information [4].

Using the Rietveld method not only the major phases - C_3S , C_2S , C_3A and C_4AF , but also the minor phases present in small quantities have been identified: Arcanite (K_2SO_4), Aphthitalite [$K_3Na(SO_4)_2$], Periclase (MgO), Portlandite ($Ca(OH)_2$) and free lime.

Quantitative determinations of the contents using Rietveld refinement are presented in the table 2 and figure 1.

Table 3 presents the content of C_3S and the sum of silicates ($C_3S + C_2S$) in the clinkers, as these phases are the main contributors to the characteristics of the cements prepared from the clinkers – especially the mechanical properties. For comparison, the table presents the values obtained by X-ray analysis - Rietveld method and also the calculated values – Bogue method.

Concerning the C_3S content, the values obtained applying the Rietveld method are higher than the ones calculated by Bogue method, with a single exception – the clinker Cl 3a3, which displays a smaller quantity of C_3S by Rietveld

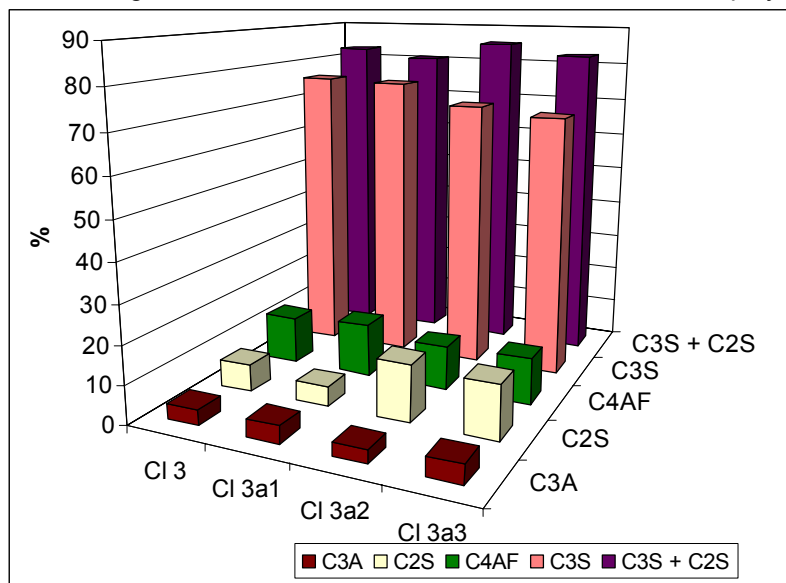


Fig. 1 - Principalii compuși mineralogici, determinați prin metoda Rietveld, pentru clincherul Cl 3 ars cu combustibil fosil, comparativ cu clincherele Cl 3a1, Cl 3a2 și Cl 3a3, arse utilizând și combustibili alternativi

Principal mineralogical compounds determined by Rietveld method for the clinker Cl 3 burnt with fossil fuel, compared with the clinkers Cl 3a1, Cl 3a2 and Cl 3a3 burnt using also alternative fuels.

Tabelul 2

Determinări cantitative pe baza analizei Rietveld / Quantitative determinations of the contents using Rietveld refinement

| Clincher Clinker | C ₃ S | C ₂ S | | | C ₃ S+C ₂ S | C ₃ A | | | C ₄ AF | Periclaz Periclaze | Arcanit Arcanite |
|---------------------|------------------|------------------|------|----------------|-----------------------------------|------------------|---------------------------|----------------|-------------------|-----------------------|---------------------|
| | | α | β | Total Total | | Cubic Cubic | Ortorombic Ortorhombic | Total Total | | | |
| Cl 3 | 75.9 | 3 | 4 | 7 | 82.9 | 1.7 | 2.4 | 4.2 | 12.4 | 0.7 | - |
| Cl 3a1 | 75.5 | 1.4 | 3.8 | 5.2 | 80.7 | 1.6 | 2.9 | 4.5 | 13.84 | 0.7 | 0.4* |
| Cl 3a2 | 70.4 | 3.4 | 11.5 | 14.9 | 85.3 | 1.6 | 1.8 | 3.4 | 11.4 | - | - |
| Cl 3a3 | 68.6 | 2.9 | 11.1 | 14 | 82.6 | 3.1 | 1.9 | 5.0 | 12 | 0.4* | - |

* limita de determinare a metodei / determination threshold of the method

Tabelul 3

Conținutul de C₃S și suma silicaților în clinchere / Content of C₃S and the sum of silicates in the clinkers

| Clinker / Clinker | C ₃ S (%) | | C ₃ S + C ₂ S (%) | |
|-------------------|----------------------------------|------------------------------------|---|------------------------------------|
| | Calculat – Bogue Bogue method | Metoda Rietveld Rietveld method | Calculat – Bogue Bogue method | Metoda Rietveld Rietveld method |
| Cl 3 | 71.91 | 75.9 | 74.9 | 82.9 |
| Cl 3a1 | 58.70 | 75.5 | 76.01 | 80.7 |
| Cl 3a2 | 62.36 | 70.4 | 77.14 | 85.3 |
| Cl 3a3 | 72.75 | 68.6 | 75.68 | 82.6 |

În ceea ce privește conținutul de C₃S, valorile obținute prin analiza Rietveld sunt mai mari decât cele calculate cu metoda Bogue, cu o singură excepție – a clincherului Cl 3a3, pentru care, cantitatea de C₃S determinată prin analiza Rietveld este mai mică decât cea calculată prin metoda Bogue. Explicația o poate constitui influența negativă asupra formării C₃S, exercitată de conținutul de P₂O₅ adus de făina animală [4- 7], utilizată în cantitate mai mare la producerea acestui clincher (6,95 t/h, reprezentând 18% substituție energetică, față de 10-15%, în cazul celorlalte clinchere). În ceea ce privește suma (C₃S + C₂S) – valorile determinate experimental prin metoda Rietveld, sunt mai mari decât cele calculate prin metoda Bogue, diferențele situându-se în limita de cel mult 10%.

Referitor la influența naturii combustibilului folosit pentru obținerea clincherelor, se observă că în cazul clincherelor arse cu combustibili alternativi, conținutul de C₃S (determinat prin metoda Rietveld) este întrucâtva mai mic decât cel al clincherului ars cu combustibil tradițional. Conținutul de C₃S este practic egal în clincherul Cl 3a1 și în clincherul Cl 3, în celelalte cazuri există diferențe de până la 10 %, ca în cazul clincherului Cl 3a3, comparativ cu clincherul Cl 3.

Unele surse de literatură menționează impactul P₂O₅ conținut în făina animală asupra calității clincherului [4 - 7]. Utilizarea unor cantități semnificative de făină animală la arderea clincherului determină o scădere a cantității de C₃S, în timp ce conținutul de C₂S prezintă o creștere apreciabilă [7]. Această comportare pare să fie confirmată și de conținutul mai mare de C₂S în clincherele Cl 3a2 și Cl 3a3, arse cu utilizarea a 15,1% și respectiv 18 % făină animală.

În ceea ce privește suma (C₃S + C₂S), nu se

method compared with the calculated value. The explanation might be the negative influence of the P₂O₅ content brought by the animal meal on the C₃S formation [4 -7]. A high quantity of animal meal was used for this clinker burning (6.95 t/h, representing 18% energy substitution, compared with 10-15% for the other clinkers). For the sum (C₃S + C₂S) –, the values determined by the Rietveld method are higher than ones calculated by Bogue method, but the differences are not higher than 10 %.

Concerning the influence of the fuels used for clinker burning, it can be noticed that the clinkers produced with alternative fuels contain less C₃S (according to Rietveld method) compared with the clinker burnt with traditional fuel. The content of C₃S is virtually equal in the clinker Cl 3a1 and in the clinker Cl 3, in the other cases there are differences up to 10 %, as in the case of the clinker Cl 3a3 compared to the clinker Cl 3.

Some literature sources mention the impact of P₂O₅ from the animal meal on the clinker quality [4 - 7]. The use of significant quantities of animal meal for clinker burning exhibits a drop in C₃S, while there is an appreciable increase in the C₂S content [7]. These results seem to be confirmed also by the higher contents of C₂S in the clinkers Cl 3a2 and Cl 3a3, burnt using 15.1% and respectively 18 % animal meal.

Concerning the sum of silicate (C₃S + C₂S) no important differences can be noticed between values due to the nature of fuel used for burning. The differences of the sum of silicates (C₃S + C₂S) by Rietveld analysis between the clinkers burnt with alternative fuels and with traditional fuel are less than 3 % for all the clinkers. The clinker Cl 3a3 contains virtually the same quantity of (C₃S + C₂S) as the clinker Cl 3.

constată diferențe importante între valorile acesteia, în funcție de natura combustibilului utilizat. Diferențele între valorile sumei ($C_3S + C_2S$) deduse prin metoda Rietveld pentru clinkerurile arse cu combustibili alternativi și respectiv cu combustibil tradițional sunt mai mici de 3%. Clincherul CI 3a3 conține practic aceeași cantitate de ($C_3S + C_2S$) ca și clincherul CI 3. Clincherul CI 3a2, produs cu combustibili alternativi, conține o proporție mai mare de ($C_3S + C_2S$) decât clincherul de referință, iar în cazul clincherului 3a1, acest conținut este mai redus.

În toate cazurile, diferențele între suma silicaților de calciu din clincherurile produse cu combustibili alternativi și clincherul produs cu combustibil tradițional fiind mici, nu este de așteptat ca ele să influențeze semnificativ proprietățile cimenturilor preparate în condiții similare – în principal, rezistențele mecanice. Pe baza datelor prezentate, pentru clincherurile investigate în prezenta lucrare, se poate conchide că *nu s-au evidențiat diferențe semnificative sub aspectul conținutului în principalii compuși mineralogici – C_3S , C_2S , C_3A și C_4AF – între clincherul ars cu combustibil tradițional și clincherurile produse în aceeași instalație, prin utilizarea diferitelor tipuri de combustibili alternativi, cu considerarea unor grade de substituție termică de până la 59,6%.*

4. Investigații microstructurale, utilizând microscopia electronică SEM

Examinarea în spărtură a unor probe de clinchere a permis observarea morfologiei și texturii cristalelor, dar trebuie menționat că acest mod de examinare este posibil să nu identifice întotdeauna cele mai reprezentative zone, suprafețele examinate fiind foarte mici. Rezultatele pot fi afectate de locul de prelevare a probelor – din centrul sau de la periferia granulelor de clincher.

În cazul tuturor clincherurilor, faza dominantă este alitul, care tinde să formeze o structură tridimensională discontinuă, deschisă sau, în unele cazuri, se prezintă sub formă de cristale interconectate, care formează aglomerări, în afara cărora se dezvoltă celelalte faze, cu includerea de pori. În continuare, se prezintă unele particularități structurale ale clincherurilor, evidențiate prin analiza electrono-microscopică SEM.

În general, în clincherurile CI 3, CI 3a1, CI 3a2 și CI 3a3, alitul este prezent sub formă de cristale subhedrale, în unele cazuri cristale cu fețe definite, euhedrale sau idiomorfe (fig. 2 – 5).

- În cazul clincherului CI 3 se remarcă prezența belitelui între cristalele de alit și incluziuni ale acestuia în cristalele de alit, așa cum se poate observa în figurile 2 d și e.
- În cazul clincherului CI 3a1 se remarcă un număr mare de cristale euhedrale de alit și

The clinker CI 3a2 produced with alternative fuels contain a higher proportion of ($C_3S + C_2S$) than the reference clinker, and for the clinker 3a1, this content is lower.

In all cases the differences between the sum of the silicates in the clinkers produced with alternative fuels and the similar clinker produced with traditional fuel are quite low and it is not expected to influence significantly the properties – mainly the mechanical strengths of the cements prepared in similar conditions

Based on the information presented so far it can be concluded that for the clinker investigated in our study, *no significant differences were identified in terms of main mineralogical compounds C_3S , C_2S , C_3A and C_4AF content, between the clinker burnt with traditional fuel and the clinkers produced in the same installations using various types of alternative fuels and thermal substitution up to 59.6 %.*

4. Microstructure investigation using SEM

Examination of the fractured clinkers samples showed the morphology and the texture of the crystals, but it has to mention that in this situation it is possible that not the most representative areas can be identified, as the examining areas are very small. The results depend to a certain extent of the location of sampling – centre or the peripheral part of the clinker grain.

The dominant phase in all cases is the alite in a three-dimensional discontinuous open structure or in other cases accumulated interconnected crystals outside of which all the other phases are formed, pores included. Particularities identified by the SEM examination of the clinkers are presented further on.

Generally in the clinkers CI 3, CI 3a1, CI 3a2 and CI 3a3, alite is found as subhedral and sometimes euhedral crystals (figures 2 – 5).

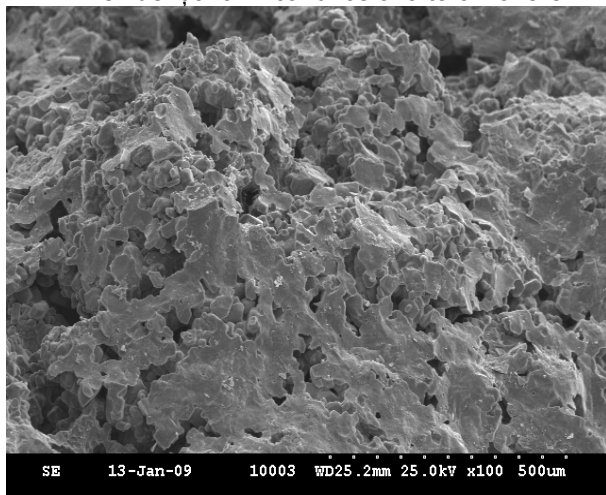
- In the clinker CI 3, the belite is present between alit crystals and as inclusions in the alite crystals as can be noticed in the figures 2 d and e.
- In the clinker CI 3a1 a great number of euhedral alite crystals and round belite crystals can be identified. Frequently some areas where belite crystals are present on the alite crystals surface or as inclusions in the alite crystals can be noticed (fig. 3 b, c, d).
- For the same clinker, on the surface of some alite crystals, alkaline sulphates crystals can be observed, a particularity not observed for other clinkers.
- In the clinker CI 3a2 relatively large areas have been identified where the ferrite phase shows the typical hollow box pattern, as can be seen in the figure 4 b, d. Few alite

cristale rotunjite de belit. Frecvent, se pot observa zone în care belitul este prezent pe suprafața cristalelor de alit sau inclus în acestea (fig. 3 b, c, d).

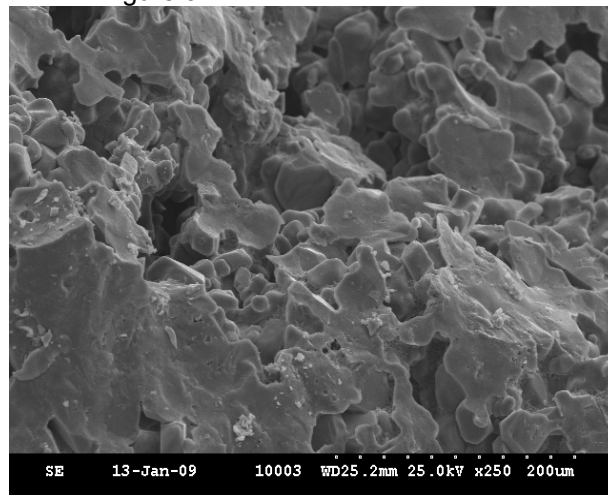
- Pentru același clincher, pe suprafața unora din cristalele de alit se poate observa prezența unor cristale aparținând sulfaților alcalini, particularitate care nu se evidențiază în cazul celorlalte clinchere.

crystals can be observed, formed in areas with abundant interstitial phase.

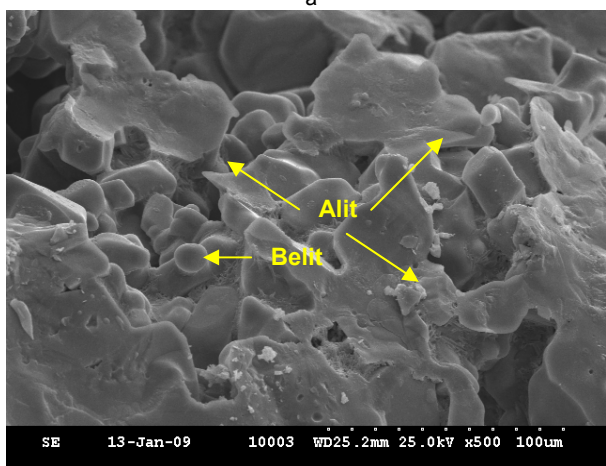
- In the clinker CI 3a3 subhedral alite crystals and round belite crystals approximately 20 μm in size can be noticed. The belite crystals display a vague lamellar structure, with a single set of lamellae with parallel orientation – figure 5 f.



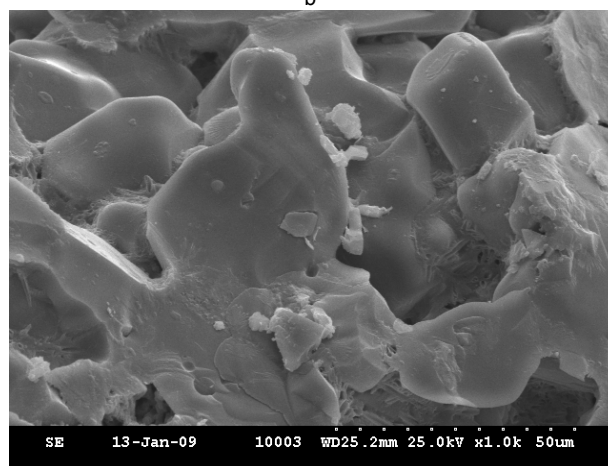
a



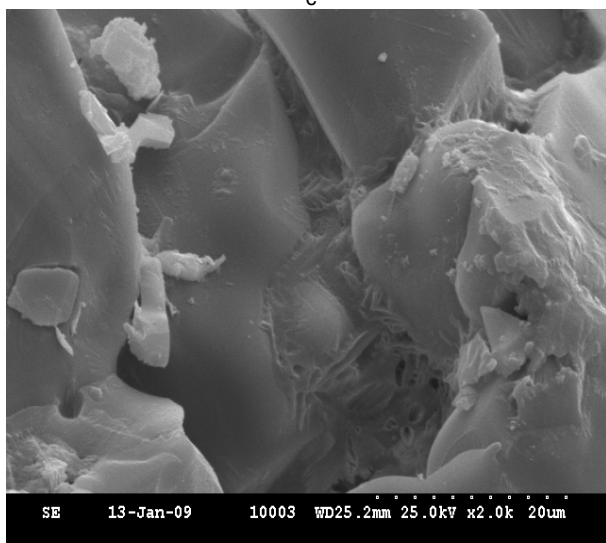
b



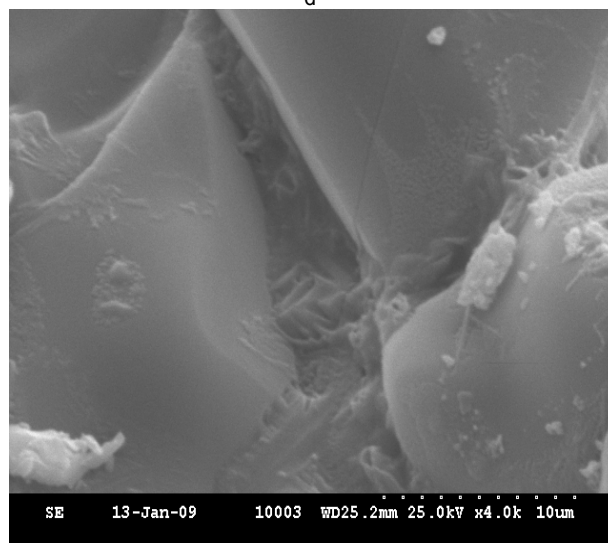
c



d



e



f

Fig. 2. - Imagini electrono-microscopice ale clincherului CI 3 / SEM image of the clinker CI 3.

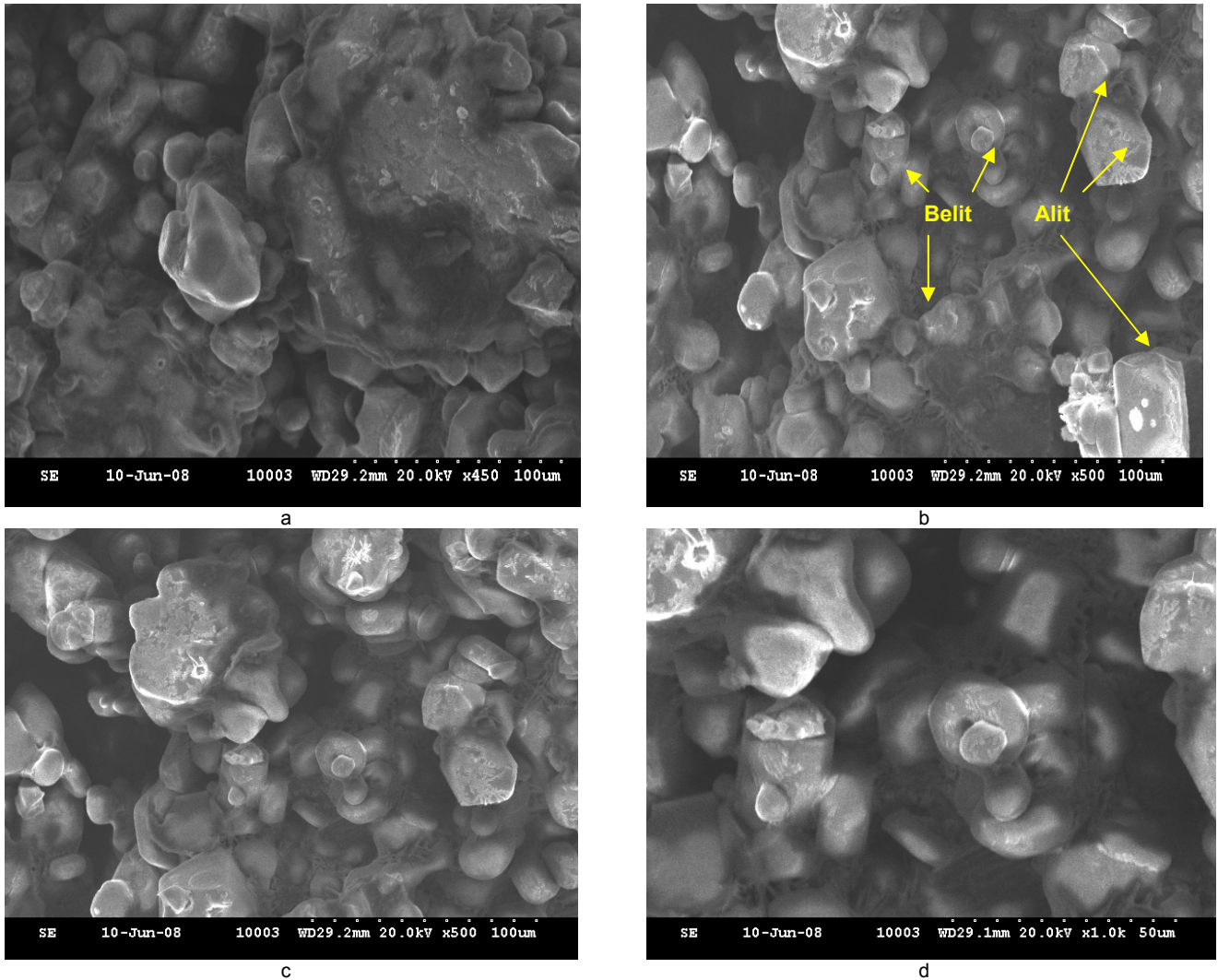


Fig. 3 - Imagini electrono-microscopice ale clincherului CI 3a1 / SEM image of the clinker CI 3a1.

- În cazul clincherului CI 3a2 au fost puse în evidență zone extinse în care este prezent brownmilleritul, sub formă de cristale tabulare cu aspect specific (fig. 4 b, d). Cristalele de alit apar răsfețe, formate în zone cu fază interstițială abundentă.
- Clincherul CI 3a3 prezintă cristale de alit subhedrale (sau hipidimorfe), bine dezvoltate și cristale rotunjite de belit, cu dimensiuni de aproximativ 20 μm , care prezintă o vagă structură lamelară, cu un singur set de lamele orientate paralel, așa cum se poate observa la un grad de mărire foarte ridicat (fig. 5 f).

Se poate menționa existența unei bune corelări între rezultatele analizei de difracție cu raze X și imaginile electrono-microscopice SEM, privind caracteristicile compoziționale ale clincherelor.

Nu au fost evidențiate deosebiri semnificative sub aspect textural și morfologic, între clincherul obținut prin folosirea de combustibil tradițional (cărbune) și clincherele arse cu combustibili alternativi, pentru grade de substituție termică de până la 59,6%.

A good correlation can be noticed between the phases identified by SEM analyses and the results of the X-ray diffraction analyses.

No significant difference could be identified in terms of structure and textural appearance between the clinkers burnt with traditional fuels and the clinkers produced using alternative fuels with thermal substitution rate up to 59.6 %.

5. Conclusions

Comparing the results concerning the clinker burnt with traditional fuel (coal) and three clinkers produced in the same installation, but using different types of alternative fuels – animal meal, fluff, impregnated saw-dust, dried sewage sludge and old tires, in relatively high substitution rates – between 33.9 % and 59.6 %, the following conclusions can be drawn:

- the clinkers burnt with alternative fuels contain less C_3S compared with the clinker produced with traditional fuel; the differences are somehow greater for the clinkers burnt with high proportion of animal meal, which due to the

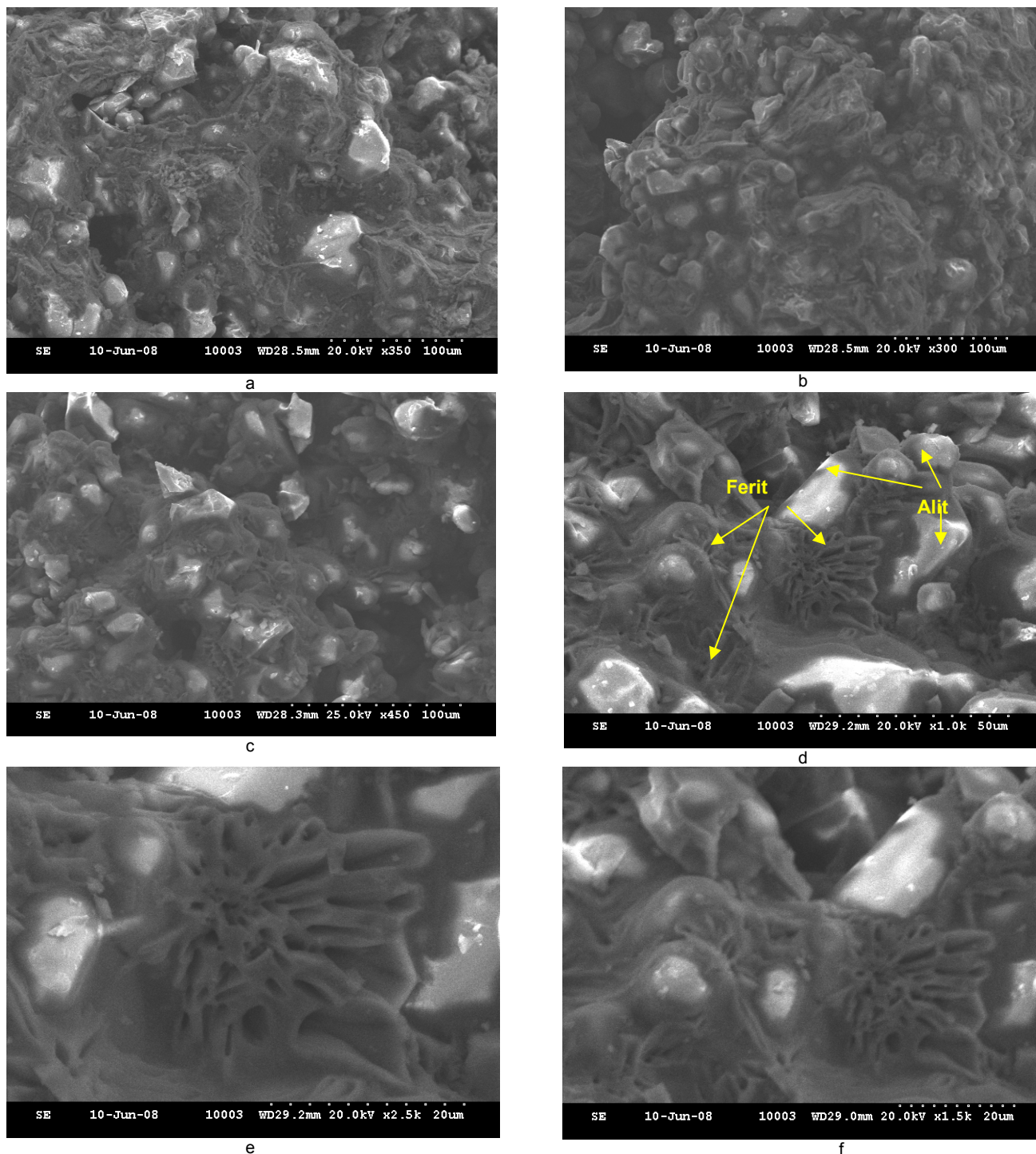


Fig. 4 - Imagini electrono-microscopice ale clincherului CI 3a2 / SEM image of the clinker CI 3a2.

5. Concluzii

Pe baza rezultatelor obținute pentru clincherele realizate prin arderea cu combustibili alternativi – făină animală, fluff, rumeguș impregnat cu deșeuri periculoase lichide și păstoase, nămol de canalizare uscat, anvelope uzate – considerați pentru grade relativ mari de substituție termică (33,9 – 59,6%) și respectiv, pentru un clincher produs prin arderea cu combustibil tradițional (cărbune), în aceeași instalație de ardere, se pot

content of P_2O_5 has a stabilizing effect of the C_2S , thus diminishing the content of C_3S ;

- the clinkers burnt with higher proportion of animal meal have higher contents of C_2S ;
- the differences of the sum of silicates $C_3S + C_2S$ by Rietveld analysis between the clinkers burnt with alternative fuels and with traditional fuel are less than 3 % for all the clinkers, which is not expected to influence significantly the mechanical strengths of the cements prepared in similar conditions;

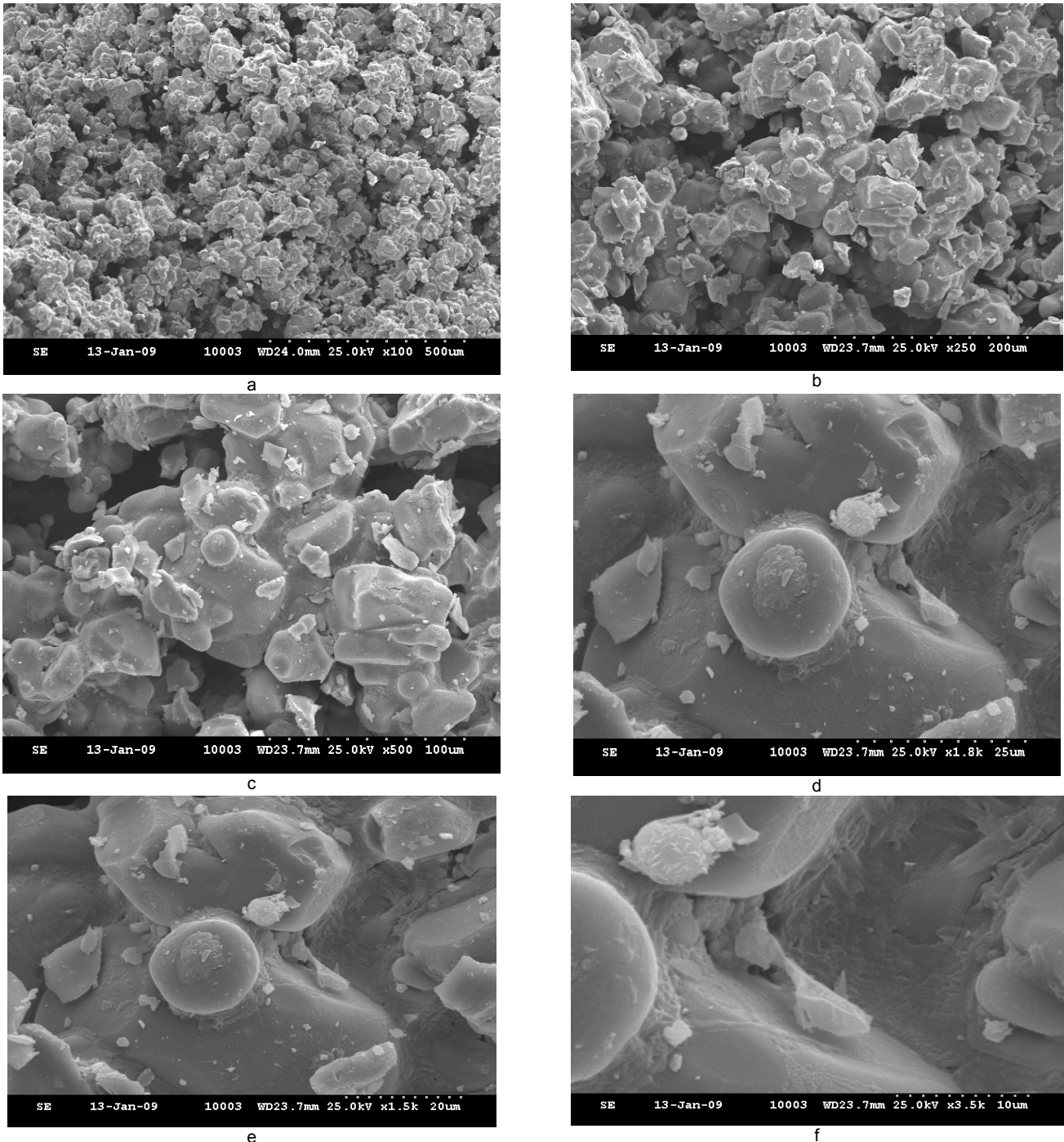


Fig. 5 - Imagini electrono-microscopice ale clincherului CI 3a3 / SEM image of the clinker CI 3a3.

formula următoarele concluzii:

- clincherele arse cu combustibili alternativi conțin ceva mai puțin C_3S comparativ cu clincherul produs cu combustibil tradițional; diferențele sunt întrucâtva mai mari în cazul clincherelor arse cu combustibili alternativi conținând proporții mai mari de făină animală, explicabile prin efectul P_2O_5 (adus de aceasta), de stabilizare a C_2S , ceea ce conduce la diminuarea conținutului de C_3S care se formează;

- clincherele arse cu combustibili alternativi cu proporții mai mari de făină animală conțin cantități mai mari de C_2S ;

- diferențele în valorile sumei ($C_3S + C_2S$),

- examination of SEM images of the clinker burnt with traditional fuels compared with the clinkers produced with alternative fuels, showed a good correlation with the results of the X-ray diffraction;

- no significant differences have been identified in terms of the main mineralogical compounds and of the structure and textural appearance between the clinker burnt with traditional fuel and the clinkers produced in the same installations but using various types of alternative fuels and thermal substitution up to 59.6 %.

obținute pentru clincherele arse cu combustibili alternativi și respectiv, combustibil tradițional, prin analiza de difracție cu raze X – metoda Rietveld, sunt mai mici de 3%, ceea ce face să se estimeze că proprietățile liante ale cimenturilor derivate din astfel de clinchere, preparate în condiții similare, nu vor fi semnificativ diferite;

• analizele electrono-microscopice SEM nu au evidențiat deosebiri semnificative sub aspect textural și morfologic pentru clincherele arse cu diferiți combustibili alternativi, în proporții corespunzătoare unor grade de substituție de până la 59,6% și clincherul obținut în aceeași instalație, prin arderea cu combustibil tradițional.

REFERENCES

1. F. Puertas and M. T. Blanco-Valera, Alternative fuels in cement production. Effects on the characteristics and properties of clinkers and cements, Cemento Hormigon, Special Issue 2004.
2. M. Georgescu, G. Voicu and C. Stoica, Clinkers and cements obtained by using alternative fuels, Romanian Journal of Materials, 2009, **39** (2), 108.
3. I. Smith, Co-utilisation of coal and other fuels in cement kilns, IEA Clean Coal Centre August 2003, 28- 32.
4. M. Paul, Quantification of Portland cement clinker phases by means of Rietveld analysis when using secondary fuels, Cement International 2004, **2** (5), 105.
5. S. Puntke and M. Schneider, Effects of phosphate on clinker mineralogy and cement properties, Cement International 2008, **6** (5), 81.
6. D. Năstac, M. Hupa and M. Muntean, Influence of using meat and bone meal as an alternative fuel on formation and properties of Portland clinker, Proceedings of the 12th International Congress of Cement Chemistry, Montreal, Canada, 2008.
7. R. Klaska, S. Baetzner, H. Möller, M. Paul and T. Roppelt, Effects of secondary fuels on clinker mineralogy, Cement International 2003, **1** (4), 89 -98.

MANIFESTĂRI ȘTIINȚIFICE / SCIENTIFIC EVENTS



The 6th European Slag Conference of EUROSLAG - The European Slag Association, will be held from 20th to 22nd of October 2010, in MADRID, and is to be organised by UNESID (Spanish Steel Association).

The purpose of the Conference holds the objective of encouraging the exchange of knowledge and promotion of more suitable technical, innovative, environmental sound and efficient uses on the less widely utilised slag, such as Electric Arc Furnaces for both Carbon and Stainless Steel and LD / AOD slags. An additional effort will be given to improve its use in Southern Europe. The Conference will also deal with the main challenges arising from the most recent environmental and technical legislation (REACH, presence of dangerous substances etc). It will also include sessions related to more recent knowledge on the Blast Furnace slags.

The Conference is aimed not only at professionals already involved in the slag business, but also at people who may support slag applications in the future and those involved in the decision-making process for the use of slags. It includes steel producers, slag processors, equipment and additives providers, administration, research community in the wider sense, and users such as construction companies, cement industry, civil engineers, innovative applications, etc.

The organisation details, and the instruction for sending technical paper to be eligible for being presenting at the Conference is available at: www.euroslag2010.eu



The 6th Global Slag Conference and Exhibition,
22-23.11.2010 Sydney, Australia

MAIN THEMES:

Making most of the recovery
Slag and Sustainability
Surviving the Slag Crisis
Adding Value to Slag

Growing Market Share
Global Slag Production: Markets and Buyers
Emission trading

Contact: <http://www.propubs.com/gsc/>
