



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2021 00489

(22) Data de depozit: 17/08/2021

(41) Data publicării cererii:
28/02/2023 BOPI nr. 2/2023

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE
ASACHI" DIN IAȘI, STR. PROF. DR. DOC.
DIMITRIE MANGERON NR. 67, IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:
• MOCĂNIȚA COSTIN-OVIDIU,
STR.STAMATE EUGEN, NR.1, BL.D2, SC.A,
ET.4, AP.9, PAȘCANI, IS, RO;

• MUNTEANU CORNELIU,
STR.BACINSCHI, NR.9, BL.CL4. SC.C,
ET.5, AP.22, IAȘI, IS, RO;
• CHICET DANIELA LUCIA, SAT BĂLȚAȚI
NR.44, COMUNA BĂLȚAȚI, IS, RO

Această publicație include și modificările descrierii,
revendicărilor și desenele depuse conform art. 35 alin.
(20) din HG nr. 547/2008

(54) SISTEM MULTISTRAT DIN MATERIALE COMPOZITE
POROASE REZISTENTE LA FOC

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem multistrat realizat din materiale compozite poroase rezistente la foc și la un procedeu de obținere a acestuia. Sistemul conform invenției este constituit din trei straturi omogene:

1) un strat I compus din $6\% \pm 2\%$ de amestec de sfere de sticlă expandată cu diferite granulații și $36\% \pm 2\%$ de silicat de sodiu soluție apoasă,

2) stratul II compus din $55\% \pm 2\%$ amestec de sfere de sticlă expandată cu diferite granulații, $36\% \pm 2\%$ silicat de sodiu soluție apoasă și $9\% \pm 1\%$ vermiculit,

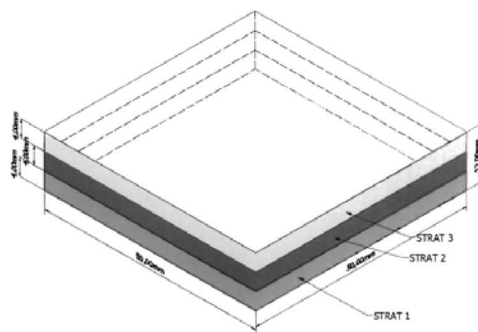
3) stratul III compus din $52\% \pm 2\%$ amestec de sfere de sticlă expandată, $33\% \pm 2\%$ silicat de sodiu soluție apoasă, $3\% \pm 1\%$ vermiculit și $12\% \pm 1\%$ olivină, toate componentele fiind exprimate în procente masice. Procedeu de obținere conform invenției are următoarele etape:

a) omogenizarea materialelor componente pentru obținerea amestecului de bază format din sfere de sticlă expandată și silicat de sodiu care ulterior este împărțit în trei părți pentru cele trei straturi,

b) amestecul de bază pentru fiecare din cele trei straturi este prelucrat la temperatura camerei prin introducerea acestuia într-o matrită cu dimensiunile dorite și seminivelarea fiecărui strat, urmat de compactarea ușoară cu un dispozitiv manual și

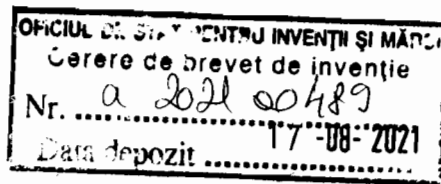
c) materialul este întărit prin insuflare de CO_2 cu concentrația de minim 82%, timp de 10 secunde pe suprafață, sub o presiune cuprinsă între 20...25% l/min cu ajutorul unui dispozitiv de tip ac, în masă până la o adâncime de 50% din grosimea stratului, pentru derularea reacției de întărire chimică a liantului.

Revendicări inițiale: 2
Revendicări amendate: 2
Figuri: 1



Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





14

Sistem multistrat din materiale compozite poroase rezistente la foc

Invenția face parte din domeniul ingineria materialelor și se referă la o compoziție și un procedeu pentru obținerea de noi sisteme multistrat din materiale compozite poroase rezistente la foc.

Tendința de construcție a clădirilor și lupta continuă pentru construirea unor clădiri demne de a fi clasificate în sintagma ”big, bigger, biggest” - din ce în ce mai mari, mai complexe, hibridizate, cu multiple destinații (mini orașe de tipul complexe comerciale în clădiri foarte înalte, hoteluri, centre expoziționale, parcuri de distracție, parcări subterane, etc.), precum și existența probabilității de producere a incendiilor, corelate cu siguranța persoanelor și diminuarea pierderilor umane, sunt analizate spre a fi implementate în sisteme complexe pentru siguranță la incendiu și evacuare, proiectare pe bază de siguranță, dar și cu predicția comportamentului la foc a clădirii, care depinde în mare măsură de proprietățile materialelor combustibile [1].

Pentru îndeplinirea criteriilor și nivelurilor de performanță în ceea ce privește securitatea la incendiu, se utilizează materiale, elemente de construcții și instalații care au determinate caracteristicile de comportare la foc privind clasificarea și încadrarea produselor pentru clădiri pe baza performanțelor de comportare la foc.

La nivel global conceptul de ”*element multistrat*” nu este un concept nou, deoarece încă de la începuturile realizării construcțiilor civile, un perete a fost realizat din cel puțin două straturi de materiale de compoziții și funcționalități diferite.

Pe măsura dezvoltării gamelor de materiale utilizate în construcții și ca răspuns la cerințele din ce în ce mai restrictive ale standardelor, au fost dezvoltate elemente de construcție din ce în ce mai performante.

Sunt cunoscute mai multe elemente multistrat cu rol de barieră împotriva focului formate din cel puțin un strat de rășină de silicat alcalin [2,3] și cel puțin un strat din oricare dintre următoarele: un strat de izolație, un strat intumescent (cu rol de ecranare termică pe o perioadă limitată) [4], un strat de spumă, un strat ondulat [5], un strat de suprafață reflectant și un material de ranforsare [6] sau panou inovator multiplu de protecție pentru pereții subsolului, adică structuri de construcție care asigură izolarea termică, drenarea, protejarea de apă și de solicitările externe și ventilarea la extrados a zidului exterior al unei încăperi



subterane. Panoul este de tip compozit, cuprinzând mai multe straturi legate în prealabil între ele ca un element prefabricat [7].

Alte panouri sunt de tipul izolare cu vid – VIP (Vacuum Insulation Panels) [8], Sisteme DWS (Dry Wall Systems) [9] sau alte tipuri de sisteme rezistente la foc [10] (Kontogeorgos D et al, 2016). Patentul 2214373 [11] din Rusia se referă la materiale rezistente la foc multistrat pe sticlă silicică din plăci de bază și filme organice și anorganice și pot fi utilizate pentru obținerea ferestrelor de sticlă, de exemplu sticlă rezistentă la incendiu.

Materialele și tipurile de stratificări pentru protecția la foc nu sunt epuizate, iar în contextul construcțiilor din ce în ce mai complexe și a interesului tot mai mare pentru înțelegerea securității la incendiu, se urmărește oferirea de noi soluții și materiale cu proprietăți de limitare.

De asemenea, tema abordată face parte dintr-un domeniu aflat la început de drum în cercetarea din România, nefiind identificate studii recente în ceea ce privește materiale multistrat de nouă generație cu proprietăți superioare care să limiteze propagarea incendiilor.

Invenția se referă la un sistem multistrat format din straturi de materiale anorganice, care determină creșterea eficacității în cazul expunerii la foc prin formarea unei bariere termice, neinflamabile cu proprietăți termoizolante într-un proces de reacție la temperaturi de peste 450°C, format din următoarele materiale: sfere sticlă expandată, vermiculit, olivină și soluție apoasă concentrată silicat de sodiu utilizată ca liant.

În literatura de specialitate sunt disponibile studii referitoare la o varietate mare de materiale cu rol de protecție la foc - clasice (betoane, cărămizi, gips/gips sintetic [12], fibre de sticlă[13], cenușă de termocentrală [14,15], vată bazaltică [16], beton celular ușor [17], ceramică[18,19]); polimeri tratați [20,21]; soluții ignifuge [22] sau vopsele intumescente [23], o parte dintre ele fiind pe bază de silicat de sodiu [24, 25].

Pe lângă multiplele avantaje, aceste materiale prezintă și o serie de dezavantaje, acestea fiind în principal: domeniul limitat de utilizare pentru placarea/acoperirea structurilor în lemn sau metalice aflate doar în interiorul construcțiilor, procedee complicate de obținere, din cauza rezistenței limitate la agenții atmosferici, în special la umiditate; rezistența scăzută la abraziune, cu referire la tratamentul suprafețelor din lemn destinate traficului intens și o estetică modestă a suprafețelor astfel acoperite.

Conform literaturii de specialitate, aceste materiale *de acoperire* trebuie să aibă caiva caracteristici asemănătoare celor pe care le protejează, cum ar fi și densitatea, greutatea adeziunea, astfel încât acestea să nu îngreuneze cu mult structura de rezistență



Respectând aceste considerente, materialul multistrat propus în prezenta invenție are în compoziție elemente incombustibile, cu temperaturi ridicate de topire (peste 1000⁰C) care nu degajă gaze toxice la ardere și nu permit o umiditate mai mare de 5%. Aceste materiale au și proprietăți insectofungice, proprietăți crioscopice (antiîngheț) și nu permit apariția mucegaiurilor.

Produsul cu performanțe ridicate privind rezistența la foc a elementelor ce trebuiesc protejate nu are o utilizare limitată la doar la structurile de rezistență din interiorul construcțiilor, putând fi aplicat și pe exterior, sub acțiunea razelor solare, în medii acide și corozive, iar atunci când nu e obligatoriu a fi folosit sub formă de plăci de anumite grosimi cu caracteristici calculate, poate fi utilizat și ca pasta/material de etanșare.

În cazul de față produsul nu are înglobate elemente care să permită ca suprafața să fie utilizată pentru trafic intens sau să prezinte rezistența ridicată la abraziune, cum ar fi podelele din lemn și scările de acces ale unor construcții civile, inclusiv scena sălilor de spectacole sau structurile din lemn și derivate ale unor construcții industriale.

Se preconizează că produsul poate fi utilizat:

a) pentru construcții

- placări pentru protecția la foc a ghenelor, puțurilor de lift, a canalelor de ventilație și de evacuare a gazelor fierbinți,
- placări pentru protecția la foc a structurii de rezistență din oțel, fără a fi necesare elemente de susținere deosebite,
 - plafoane false rezistente la foc,
 - pereți de compartimentare nestructurali,
 - placare în interiorul spațiilor - pereți, tavane sau pardoseală,
 - realizarea de elemente decorative / construirea de forme creative ale pereților despărțitori și tavanelor, inclusiv pentru aplicații curbe (plafoane arcuite, bolți cilindrice, cupole semisferice, arcade, scafe, colțuri rotunjite la intersecția pereților sau a pereților cu plafonul),
- izolare conducte și echipamente utilizate în zone cu risc,

b) placări pentru

- protecția personalului din incinte comanda și control instalații utilitare,
- incintele și spațiile cu pericol mare de incendiu sau de explozie,



- incinte de importanță deosebită (inclusiv tuneluri),
 - incinte cu pericol de explozie,
 - c) *incinte* aferente construcțiilor navale sau aeronautice
 - d) *închideri* încăperi, tubulaturi de ventilație, a conductelor de extracție a fumului, a conductelor inflamabile, închideri antifoc pentru goluri și străpungeri de cabluri electrice prin pereți și planșee,
 - e) *separări* pe verticală sau orizontală – pereți cortină,
 - f) *în componenta* carcaselor unor instalații speciale (incinte pentru distrus deșeuri – incinerator, incinte tratare termică oxidanți, cuptoare topire metale),
 - g) în componenta unor containere cu destinație militară, pentru transport aerian sau naval sau containere pentru substanțe chimice / explozive sau pirotehnice,
 - h) în componenta pereților unor structuri cu destinații de depozitare.
- Plăcile pot fi îmbinate la muchii cu sau fără structură metalică ajutătoare.

Scopul invenției este de a îmbunătăți și diversifica materialele clasice existente pe piață cu rol de protecție la foc printr-o abordare nouă.

Concret, scopul principal este de a obține un material multistrat cu proprietati superioare celor existente, cu greutate redusă, care să poată fi folosit pe scară largă în domeniul construcțiilor, placărilor/acoperirilor și la construirea incintelor speciale.

Produsul dezvoltat pe lângă aplicația pentru care au fost încercat poate să suplimenteze și alte cerințe legate de proprietăți insectofungice, proprietăți crioscopice (antiîngheț) și care nu permit apariția mușcăturilor [33,34].

Problema pe care o rezolvă invenția este aceea că produsul realizat din multistraturi de materiale omogene asigură o diferență de temperatură substanțială între fața expusă la flacără deschisă (între 850 - 1000°C) și cea neexpusă (220 - 235°C, interval atins după 30 min și stabil pe toată durata de 120 minute a testului) care nu permite aprinderea principalelor materiale combustibile ce intră în contact cu aceasta [26].

Performanțe - materialele utilizate în formarea compozitului stratificat sunt materiale anorganice, caracterizate de lipsa căldurii degajată în cazul arderii și care nu contribuie la dezvoltarea unui incendiu, indiferent de utilizarea lor finală. Conform literaturii de specialitate [27] acestea pot fi considerate în clasele de reacție la foc A1 și A1_(FL)



Componența plăcii multistrat propusă în prezenta invenție va avea în componență următoarele straturi, care sunt dispuse în succesiunea prezentată în figura 1, stratul 3 fiind cel proiectat a fi expus la flacara directă:

- ✓ strat 1: sticlă expandată de diferite granulații liată cu silicat de sodiu
- ✓ strat 2: sticlă expandată de diferite granulații și vermiculit liată cu silicat de sodiu
- ✓ strat 3: sticlă expandată de diferite granulații, vermiculit și olivină liată cu silicat de sodiu

Modul de punere în operă a produsului:

- materialul se realizează într-un laborator, fiind necesare: cântar, malaxor, butelie CO₂, matrița, elemente de presare/compactare, alte materiale pentru reacția de întărire chimică a liantului cu CO₂.

- lipirea straturilor se face fără adeziv suplimentar, prin presare, pe baza liantului (silicat de sodiu) cu care sunt amestecate elementele solide.

- punerea în operă a produsului se face prin montarea plăcilor direct pe materialele care se doresc a fi protejate; în cazul în care suportul nu este drept, acesta se poate îndrepta cu soluții clasice (tencuire) sau se poate monta direct atunci când denivelările nu depășesc 5mm. Eventualele rosturi rămase între plăci, se pot umple cu un amestec de vermiculit și sfere de sticlă amestecate cu silicat de sodiu în procente de volum 20%, 70 % respectiv 10%.

- prinderea de pereți se poate realiza prin lipire cu mortare sau cu fixări mecanice care au în componență materiale incombustibile (dibluri metalice, șuruburi, ancore, etc), alese astfel încât să fie compatibile cu stratul suport (stratul în care se ancorează);

- sferele de sticlă nu conțin gaze cu proprietăți de reducere a dilatării, inhibare a arderii, sau de reducere transferului termic.

Obs. Având în vedere caracteristicile de grosime, densitate și greutate, prin placare nu va fi afectată rezistența și stabilitatea unei structuri.

Caracteristicile fiecărui material component

Tabel. 1

	Incombustibil (A1)	Greutate	Rezistență ridicată la compresiune	Rezistență ridicată la abraziune	Absorbție scăzută a apei, rezistență la apă	Ușor de tăiat și de fixat	Pur mineral	Rezistent la alcali	Nu oferă habitat pentru dăunători și rozătoare	Rezistența la îngheț	Reciclabil
sfere sticlă	da	ușor	da	mediu	da	da	da	da	da	da	da



expandată											
silicat de sodiu	da	mediu	da	da	da	da	da	da	da	da	da
vermiculit	da	ușor	da	da	da	da	da	da	da	da	da
olivină	da	mediu	da	da	da	da	da	da	da	da	da

Se detaliază în continuare un exemplu de realizare a invenției :

Procedeu de lipire: lipirea se face fără adeziv, prin presare, pe baza liantului (silicat de sodiu) cu care sunt amestecate elementele solide.

Mod de lucru pentru obținerea sistemului multistrat:

1. se realizează amestecul de bază din sfere de sticla expandată și silicat de sodiu;
2. se împarte amestecul de bază în trei părți egale (prin cântarire);
3. 1/3 se păstrează pentru stratul 1;
4. 1/3 se amestecă cu pulberea de vermiculit (vermiculitul va avea un procent de 3% din toată masa sistemului multistrat) și se va rezulta stratul 2;
5. 1/3 se amestecă cu pulbere de olivină și pulbere de vermiculit (vermiculitul va avea un procent de 1% și olivina 4% din toată masa sistemului multistrat) și se va obține stratul 3;
6. în matrița de formare se introduce materialul pentru stratul 1, care este compactat ușor fără a se obține o suprafață perfect netedă;
7. se introduce materialul pentru stratul 2 care se compactează în același mod, fără a se netezi suprafața;
8. se introduce materialul pentru stratul 3 care se compactează și se netezește la final, pentru a rezulta o suprafață cât mai dreaptă;

Obs. - cele 3 straturi în secțiune nu trebuie să fie perfect orizontale, acestea trebuind să se întrepătrundă pentru o mai bună legătură

9. se întărește întreg sistemul cu CO₂ - prin suflare de gaz sub presiune cu un dispozitiv de tip ac (circa 10 secunde pe suprafața de 50 x 50 x 12 mm);

10. materialul se lasă la uscat timp de min. 5 zile la o temperatura între 20-30⁰C sau se poate introduce într-un cuptor pentru uscare cu temperatura între 50-60⁰C minim 8 ore.

Sistemul multistrat este format din:

1. *Strat I omogen cu grosime de cca 4mm* rezultat prin malaxarea timp de 7-12 minute a:

- 60% ± 2% procente masice de amestec de sfere de sticlă expandată cu granulatia: 1 - 2 mm (13.2% ± 1% procente masice); 0.5 - 1 mm (13.2%



masice); 0.25 - 0.5 mm (16.8% \pm 1% procente masice) si 0.04 - 0.125 mm (16.8% \pm 1% procente masice);

- 40% \pm 2% procente masice de silicat de sodiu soluție apoasă.

2. *Strat II omogen cu grosime de cca 4mm* rezultat prin malaxarea timp de 7-12 minute a:

- 55% \pm 2% procente masice de amestec de sfere de sticlă expandată cu granulatia: 1 - 2 mm (12.1% \pm 1% procente masice); 0.5 - 1 mm (12.1% \pm 1% procente masice); 0.25 - 0.5 mm (15.4% \pm 1% procente masice) si 0.04 - 0.125 mm (15.4% \pm 1% procente masice);

- 36% \pm 2% procente masice silicat de sodiu soluție apoasă;
- 9% \pm 1% procente masice vermiculit.

3. *Strat III omogen cu grosime de cca 4mm* rezultat prin malaxarea timp de 7-12 minute a:

- 52% \pm 2% procente masice de amestec de sfere de sticlă expandată cu granulatia: 1 - 2 mm (11.44% \pm 1% procente masice); 0.5 - 1 mm (11.44% \pm 1% procente masice); 0.25 - 0.5 mm (14.56% \pm 1% procente masice) si 0.04 - 0.125 mm (14.56% \pm 1% procente masice);

- 33% \pm 2% procente masice silicat de sodiu soluție apoasă;
- 3% \pm 1% procente masice vermiculit;
- 12% \pm 1% procente masice olivină.

Punerea în operă se face într-o matriță de dimensiunile dorite prin seminivelarea fiecărui strat, compactarea ușoară cu un dispozitiv manual, urmat de întărire în urma insuflării de gaz (CO₂ sub presiune, concentrație minim 82%, presiune 20-25 l/min) cu ajutorul unui dispozitiv de tip ac în masă până la o adâncime de 50% din grosimea stratului, pentru derularea reacției de întărire chimică a liantului.

Straturile pot fi utilizate și individual, în produse cu aceeași grosime (12 mm \pm 5%), doar că performanțele vor fi mai scăzute cu 10% față de cele înregistrate în cazul compusului multistrat propus în prezenta invenție.

În urma testelor realizate privind reacția și rezistența la foc s-a constatat că pentru proba realizată din straturi succesive de produse omogene, cu grosimea totală de 12mm,



expusă la flacără deschisă s-a înregistrat o creștere rapidă a temperaturii pe fața neexpusă la flacără în primele 30 minute până la o temperatura de 220°C, urmată de o stabilizare în intervalul 220 - 235°C până la oprirea testului după 120 min. Au fost testate trei probe, valorile mediate ale temperaturilor înregistrate de termocuplele de contact montate pe fața expusă la flacără deschisă (T_{ext}), respectiv pe fața neexpusă la flacără deschisă (T_{int}) fiind cele prezentate în Tabelul 2.

Timp [min]	Tint [°C]	Text [°C]		Timp [min]	Tint [°C]	Text [°C]
0	20	20				
5	42	951		65	231	1006
10	124.3	962		70	229	978
15	174.3	994		75	226.6	962
20	187	993		80	222	944
25	194.3	995		85	220	948
30	199.7	1005		90	218	951
35	234	997		95	221.2	956
40	228	1002		100	219.7	956
45	224	988		105	218	975
50	230	999		110	217.1	974
55	224.4	995		115	219	962
60	220	998		120	218	941

Tabelul 2. Variația temperaturii pe cele două fețe ale probelor testate la flacără deschisă.

Conform standardului SR EN 1363-1:2020 [27], se observă că produsul propus prin prezenta invenție asigură o izolație la foc (criteriul *I* de performanță la foc - izolare termică la foc) de minimum 30 minute la o grosime de 12 mm la o temperatura medie de 942.5 °C.

Corelat cu același standard menționat mai sus, în cele 120 de minute ale testului la flacără deschisă nu au apărut găuri cu diametrul mai mare de 6 mm prin care instrumentul de măsurare să pătrundă pe o distanță de 150 mm de-a lungul găurii și nici nu a rezultat o flacără susținută pe partea opusă, fapt pentru care se poate concluziona că a fost menținut pe toată durata testului *criteriul de performanță pentru rezistența la foc E* (etanșitate la foc).

Se încadrează astfel produsul ca având următoarele criterii de performanță pentru rezistența la foc: *I* = 30 minute, *E* = 120 minute

Caracteristici materiale

Tabel 3

Material	Densitate g/cm ³	pH	Rezistența la tracțiune în N/mm ²	Rezistența la compresiune în N/mm ²	Rezistența la îndoire în N/mm ²	Conductivitate termică W/(mK)	Alte caracteristici
sfere sticlă expandată granulație 1-2mm	0.23	-	9.1	19.1	19.1	0.155	- Compoziția chimică [29] 6SiO ₂ CaO·Na ₂ O



sfere sticlă expandată granulație 0.5-1mm	0.27	-	15.1	45.2	29.2	0.161	
sfere sticlă expandată granulație 0.25-0.5mm	0.34	-	15.1	45.2	45.2	0.184	
sfere sticlă expandată granulație 0.04-125mm	0.53	-					
silicat de sodiu	1,53	10,5					- Proprietăți oxidante: nu - Compoziția chimică [30]: Na ₂ SiO ₃ (concentrație Na ₂ O=13.37%; SiO ₂ =31.42%; Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ =0.10%; CaO=0.06%; SO ₃ = -0.08%);
vermiculit	0.65	7		4.5	2.5	0,20 la 600°C 0,18 la 400°C 0,16 la 200°C	-Capacitate termică specifică 1.15kJ/kgK - Coficent contracție ulterioară sub 2% la 1000°C/12h - Dilatare termică liniară (20-700°C): 0,9% - Compoziția chimică [31]: (Mg + 2, Fe + 2, Fe + 3) 3 [(AlSi) 4O10] • (OH) 2 • 4H ₂ O
olivină mineral CAS:1317-71-1	3.2	7.5-8					- Punct de topire: aprox 1780 grade - Imiscibil în apă - Nu este volatil - Material non toxic - Compoziția chimică [32]: (Mg, Fe) ₂ SiO ₄



BIBLIOGRAFIE

1. Zhang Cong, Analysis of Fire Safety System for Storage Enterprises of Dangerous Chemicals, *Procedia Engineering* 211 (2018) 986–995;
2. Shashi Ram, Rahul V. Ralegaonkar, Development of low thermal conductivity walling material using industrial by-product, *Journal of Cleaner Production* 204 (2018) 767-777;
3. Ming Yang, Yongping Zhu, Xueying Wang, Qin Wang, Li Ai, Lili Zhao, Ying Chu, A novel low thermal conductivity thermal barrier coating at super high temperature, *Applied Surface Science* 497 (2019) 143774;
4. Talal Fateh, Eric Guillaume, Paul Joseph, An experimental study of the thermal performance of a novel intumescent fire protection coating, *Fire Safety Journal* 92 (2017) 132–141
5. Fire resistant thermal insulation material with regulated moulding - *Procedia Engineering* 153 (2016) 604 – 608;
6. EUROPEAN PATENT EP 3 301 228 A1;
7. Fire performance of sandwich wall assemblies *Composites Part B* 93 (2016) 123e131;
8. Experimental study of the thermal performance of a building wall with vacuum insulation panels and extruded polystyrene foams Xiangfeng Li, Changhai Peng, Le Liu - *Applied Thermal Engineering* 180 (2020) 115801;
9. Experimental investigation of the fire resistance of multi-layer drywall systems incorporating Vacuum Insulation Panels and Phase Change Materials - Dimos A. Kontogeorgos, Georgios K. Semitelos, Ioannis D. Mandilaras, Maria A. Founti - *Fire Safety Journal* 81 (2016) 8–16;
10. Experimental investigation of the fire resistance of multi-layer drywall systems incorporating Vacuum Insulation Panels and Phase Change Materials - Dimos A. Kontogeorgos, Georgios K. Semitelos, Ioannis D. Mandilaras, Maria A. Founti - *Fire Safety Journal* 81 (2016) 8–16;
11. Russian Patents 2214373;
12. Potential utilization of FGD gypsum and fly ash from a Chinese power plant for manufacturing fire-resistant panels - Jing Li, Xinguo Zhuang, Carlos Leiva, Ana Cornejo, Oriol Font, Xavier Querol, Natalia Moeno, Celia Arenas, Constantino Fernandez-Pereira - *Construction and Building Materials* 95 (2015) 910–921;
13. Effect of discrete glass fibers on the behavior of R.C. Beams exposed to fire - Magdy Riad, M.M. Genidi, Ata El-kareim Shoeib, Sherif F.M. Abd Elnaby - *HBRC Journal* (2017) 13, 145–151;
14. Thermal insulation and thermally resistant materials made of geopolymer foams – Michal Lach, Kinga Korniejenko, Janusz Mikula - *Procedia Engineering* 151 (2016) 410 – 416;
15. Fabrication of hollow microspheres filled fly ash based foam geopolymers with ultra-low thermal conductivity and relative high strength - Ning-ning Shao, Yan-bo Zhang, Ze Liu, Dong-min Wang, Zuo-tai Zhang - *Construction and Building Materials* 185 (2018) 567–573;
16. Analysis of fire resistance of cement mortars with mineral wool from recycling - Carolina Piña Ramírez, Alejandra Vidales Barriguete, Rubén Serrano Somolinos, Mercedes del Río Merino, Evangelina Atanes Sánchez - *Construction and Building Materials* (2020) 120349;



17. Mechanical properties and microstructure of ultra-lightweight cement composites with fly ash cenospheres after exposure to high temperatures - Zhenyu Huang, Krishnan Padmaja, Shan Li, J.Y. Richard Liew - Construction and Building Materials 164 (2018) 760–774;
18. Fused dolomite-magnesia co-clinker for fired dolomite refractories - Malgorzata Niesyt, Bronislaw Psiuk - Ceramics International 43 (2017) 51–59;
19. Ceramic waste as an efficient material for enhancing the fire resistance and mechanical properties of hardened Portland cement pastes - S.M.A. El-Gamal, F.I. El-Hosiny, M.S. Amin, D.G. Sayed - Construction and Building Materials 154 (2017) 1062–1078;
20. Poly-m-aramid electrospun nanofibrous mats as high-performance flame retardants for carbon fiber reinforced composites - Laura Mazzocchetti, Tiziana Benelli, Emanuele Maccaferri, Stefano Merighi, Juri Belcari, Andrea Zucchelli, Loris Giorgini - Composites Part B 145 (2018) 252–260;
21. Flame Retardant Polyesters. III. Fibers - Seung-Cheol Yang, Jae Pil Kim - Published online 12 February 2008 in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com);
22. New approach for delaying the internal temperature rise of fire resistant mortar made with coated aggregate - Hong-Ki Kim, Jae-Suk Ryou - Construction and Building Materials 149 (2017) 76–90;
23. Tests on intumescent paints for fire protection of existing steel structures - Antonio Bilotta, Donatella de Silva, Emidio Nigro - Construction and Building Materials 121 (2016) 410–422;
24. Getting Fired Material with Vitreous Binder Using Frame Technology - Vladimir Erofeev, Sergey Korotaev, Alexey Bulgakov, Ilia Tretiakov, Alexandr Rodin - Procedia Engineering 164 (2016) 166 – 171;
25. Fire resistant thermal insulation material with regulated moulding viscosity and mixed bonding agent - Sergey A. Mizuriev, Anna Yu. Zhigulina, Aleksandr N. Mamonov, Kseniya V. Ganechkina - Procedia Engineering 153 (2016) 604 – 608;
26. Stabilirea și prevenirea cauzelor de incendii - gr. mr. ing. Ionel Craciun, col. ing. Victor Lencu, mr. ing. Sorin Calota, Editura Tehnica 1993;
- 27 – Ordin comun OMTCT/OMAI nr. 1822/394 din 7 octombrie 2004 pentru aprobarea Regulamentului privind clasificarea și încadrarea produselor pentru construcții pe baza performanțelor de comportare la foc;
- 28 – SR EN 1363-1:2020 Încercări de rezistență la foc Partea 1: Condiții generale;
- 29 – www.poraver.com;
- 30 – High CO₂ Capture in Sodium Metasilicate (Na₂SiO₃) at Low Temperatures (30–60 °C) through the CO₂–H₂O Chemisorption Process - Rafael Rodríguez-Mosqueda and Heriberto Pfeiffer – The Journal of Physical Chemistry June 10, 2013;
- 31 – <https://nature.berkeley.edu/classes/eps2/wisc/mineral.html>;
- 32 – <https://gritsablare.ro/olivina-sablare-turnatorii-metalurgie-industrie.html>;
- 33 – Antimicrobial Effects of Sodium Metasilicate Against *Listeria monocytogenes* - Chander Shekhar Sharma, Sally K. Williams, Keith R. Schneider, Ronald H. Schmidt, and Gary E. Rodrick - Volume 9, Number 9, 2012, **FOODBORNE PATHOGENS AND DISEASE**;
- 34 – Antifungal Activity of Sodium Silicate on *Fusarium sulphureum* and Its Effect on Dry Rot of Potato Tubers - Journal of Food Science July 2009.



REVENDICĂRI

I. Sistem multistrat din materiale compozite poroase rezistente la foc, cu utilizare în construcții, pentru placare sau în componența echipamentelor cu destinație specială ca strat intermediar (fig.1).

Toate straturile sunt rezistente la foc atât individual cât și în suprapunere multistrat, fiind obținute din materiale incombustibile, fără căldură de ardere degajată, utilizate pentru placarea/acoperirea elementelor portante sau neportante din cadrul construcțiilor, ca etanșant sau pentru protecția unor incinte speciale (de tipul: incinte, incineratoare, carcase, containere, încăperi, tancuri depozitare, etc.).

Sistemul multistrat este format din:

Strat I omogen cu grosime de cca 4mm compus din:

- 60% ± 2% procente masice de amestec de sfere de sticlă expandată cu diferite granulații;
- 40% ± 2% procente masice de silicat de sodiu soluție apoasă.

Strat II omogen cu grosime de cca 4mm compus din:

- 55% ± 2% procente masice de amestec de sfere de sticlă expandată cu diferite granulații;
- 36% ± 2% procente masice silicat de sodiu soluție apoasă;
- 9% ± 1% procente masice vermiculit.

Strat III omogen cu grosime de cca 4mm compus din:

- 52% ± 2% procente masice de amestec de sfere de sticlă expandată cu diferite granulații;
- 33% ± 2% procente masice silicat de sodiu soluție apoasă;
- 3% ± 1% procente masice vermiculit;
- 12% ± 1% procente masice olivină.

II. Procedul de obținere a sistemului multistrat definit la revendicarea I este caracterizat prin aceea ca materialele prime se prelucrează la temperatura camerei, prin punerea în operă într-o matriță de dimensiunile dorite, prin seminivelarea fiecărui strat și apoi prin compactarea ușoară cu un dispozitiv manual, urmat de întărire în urma insuflării de gaz (CO₂ sub presiune, concentrație minim 82%, presiune 20-25 l/min) cu ajutorul unui dispozitiv de tip ac în masă până la o adâncime de 50% din grosimea stratului, pentru derularea întăririi și întărire chimică a liantului.



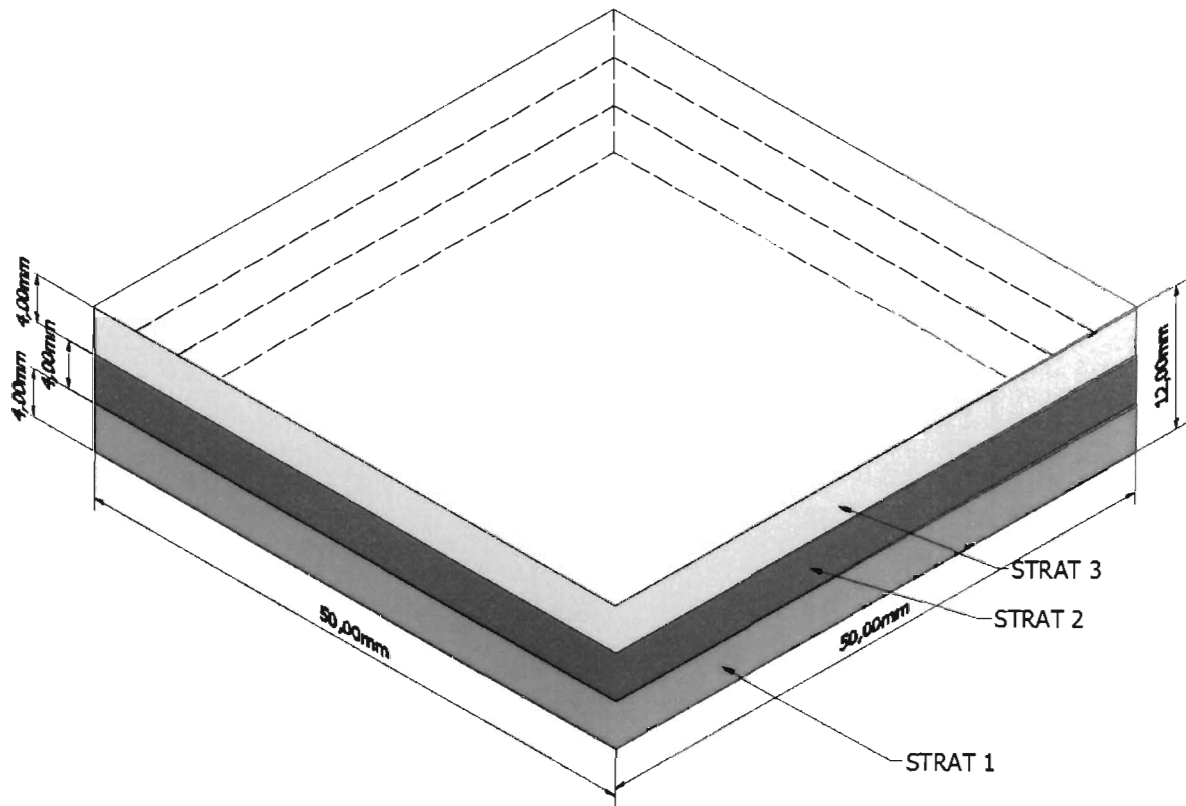


Fig.1. Schema de de principiu realizare a sistemului multistrat din materiale compozite poroase rezistente la foc



Sistem multistrat din materiale compozite poroase rezistente la foc și procedeu de obținere a acestuia

Invenția face parte din domeniul ingineria materialelor și se referă la o compoziție și un procedeu pentru obținerea de noi sisteme multistrat din materiale compozite poroase rezistente la foc.

Tendința de construcție a clădirilor și lupta continuă pentru construirea unor clădiri demne de a fi clasificate în sintagma ”big, bigger, biggest” - din ce în ce mai mari, mai complexe, hibridizate, cu multiple destinații (mini orașe de tipul complexe comerciale/mall-uri în clădiri foarte înalte, hoteluri, centre expoziționale, parcuri de distracție, parcări subterane, etc.), precum și existența probabilității de producere a incendiilor, corelate cu siguranța persoanelor și diminuarea pierderilor umane, sunt analizate spre a fi implementate în sisteme complexe pentru siguranță la incendiu și evacuare, proiectare pe bază de siguranță, dar și cu predicția comportamentului la foc a clădirii, care depinde în mare măsură de proprietățile materialelor combustibile [1].

Pentru îndeplinirea criteriilor și nivelurilor de performanță în ceea ce privește securitatea la incendiu, se utilizează materiale, elemente de construcții și instalații care au determinate caracteristicile de comportare la foc privind clasificarea și încadrarea produselor pentru clădiri pe baza performanțelor de comportare la foc.

La nivel global conceptul de ”element multistrat” nu este un concept nou, deoarece încă de la începuturile realizării construcțiilor civile, un perete a fost realizat din cel puțin două straturi de materiale de compoziții și funcționalități diferite.

Pe măsura dezvoltării gamelor de materiale utilizate în construcții și ca răspuns la cerințele din ce în ce mai restrictive ale standardelor, au fost dezvoltate elemente de construcție din ce în ce mai performante.

Sunt cunoscute mai multe elemente multistrat cu rol de barieră împotriva focului formate din cel puțin un strat de rășină de silicat alcalin [2,3] și cel puțin un strat din oricare dintre următoarele: un strat de izolație, un strat intumescent (cu rol de ecranare termică pe o perioadă limitată) [4], un strat de spumă, un strat ondulat [5], un strat de suprafață reflectant și un material de ranforsare [6] sau panou inovator multiplu de protecție pentru pereții subsolului, adică structuri de construcție care asigură izolarea termică, drenarea, protejarea de apă și de solicitările externe și ventilarea la extrados a zidului exterior al unei încăperi

subterane. Panoul este de tip compozit, cuprinzând mai multe straturi legate în prealabil între ele ca un element prefabricat [7].

Alte panouri sunt de tipul izolare cu vid – VIP (Vacuum Insulation Panels) [8], Sisteme DWS (Dry Wall Systems) [9] sau alte tipuri de sisteme rezistente la foc [10] (Kontogeorgos D et al, 2016). Patentul 2214373 [11] din Rusia se referă la materiale rezistente la foc multistrat pe sticlă silicică din plăci de bază și filme organice și anorganice și pot fi utilizate pentru obținerea ferestrelor de sticlă, de exemplu sticlă rezistentă la incendiu.

Materialele și tipurile de stratificări pentru protecția la foc nu sunt epuizate, iar în contextul construcțiilor din ce în ce mai complexe și a interesului tot mai mare pentru înțelegerea securității la incendiu, se urmărește oferirea de noi soluții și materiale cu proprietăți de limitare.

De asemenea, tema abordată face parte dintr-un domeniu aflat la început de drum în cercetarea din România, nefiind identificate studii recente în ceea ce privește materiale multistrat de nouă generație cu proprietăți superioare care să limiteze propagarea incendiilor.

Invenția se referă la un sistem multistrat format din straturi de materiale anorganice, care determină creșterea eficacității în cazul expunerii la foc prin formarea unei bariere termice, neinflamabile cu proprietăți termoizolante într-un proces de reacție la temperaturi de peste 600°C, format din următoarele materiale: sfere de sticlă expandată, vermiculit, olivină și soluție apoasă concentrată silicat de sodiu utilizată ca liant.

În literatura de specialitate sunt disponibile studii referitoare la o varietate mare de materiale cu rol de protecție la foc - clasice (betoane, cărămizi, gips/gips sintetic [12], fibre de sticlă[13], cenușă de termocentrală [14,15], vată bazaltică [16], beton celular ușor [17], ceramică[18,19]); polimeri tratați [20,21]; soluții ignifuge [22] sau vopsele intumescente [23], o parte dintre ele fiind pe bază de silicat de sodiu [24, 25].

Pe lângă multiplele avantaje, aceste materiale prezintă și o serie de dezavantaje, acestea fiind în principal: domeniul limitat de utilizare pentru placarea/acoperirea structurilor în lemn sau metalice aflate doar în interiorul construcțiilor, procedee complicate de obținere, din cauza rezistenței limitate la agenții atmosferici, în special la umiditate; rezistența scăzută la abraziune, cu referire la tratamentul suprafețelor din lemn destinate traficului intens și o estetică modestă a suprafețelor astfel acoperite.

Conform literaturii de specialitate, aceste materiale de acoperire trebuie să aibă câteva caracteristici asemănătoare celor pe care le protejează, cum ar fi și densitatea, greutatea, adeziunea, astfel încât acestea să nu îngreuneze cu mult structura de rezistență.

Respectând aceste considerente, materialul multistrat propus în prezenta invenție are în compoziție elemente incombustibile, cu temperaturi ridicate de topire (peste 1000°C) care nu degajă gaze toxice la ardere și nu permit o umiditate mai mare de 5%. Aceste materiale au și proprietăți insectofungice, proprietăți crioscopice (antiîngheț) și nu permit apariția mușcăiurilor.

Produsul cu performanțe ridicate privind rezistența la foc a elementelor ce trebuiesc protejate nu are o utilizare limitată la doar la structurile de rezistență din interiorul construcțiilor, putând fi aplicat și pe exterior, sub acțiunea razelor solare, în medii acide și corozive, iar atunci când nu e obligatoriu a fi folosit sub formă de plăci de anumite grosimi cu caracteristici calculate, poate fi utilizat și ca pasta/material de etanșare.

În cazul de față produsul nu are înglobate elemente care să permită ca suprafața să fie utilizată pentru trafic intens sau să prezinte rezistența ridicată la abraziune, cum ar fi podelele din lemn și scările de acces ale unor construcții civile, inclusiv scena sălilor de spectacole sau structurile din lemn și derivate ale unor construcții industriale.

Se preconizează că produsul poate fi utilizat:

a) pentru construcții

- placări pentru protecția la foc a ghenelor, puțurilor de lift, a canalelor de ventilație și de evacuare a gazelor fierbinți,

- placări pentru protecția la foc a structurii de rezistență din oțel, fără a fi necesare elemente de susținere deosebite,

- plafoane false rezistente la foc,

- pereți de compartimentare nestructurali,

- placare în interiorul spațiilor - pereți, tavane sau pardoseală,

- realizarea de elemente decorative / construirea de forme creative ale pereților despărțitori și tavanelor, inclusiv pentru aplicații curbe (plafoane arcuite, bolți cilindrice, cupole semisferice, arcade, scafe, colțuri rotunjite la intersecția pereților sau a pereților cu plafonul),

- izolare conducte și echipamente utilizate în zone cu risc,

b) placări pentru

- protecția personalului din incinte comanda și control instalații utilitare,

- incintele și spațiile cu pericol mare de incendiu sau de explozie,

- incinte de importanță deosebită (inclusiv tuneluri),
- incinte cu pericol de explozie,
- c) incinte aferente construcțiilor navale sau aeronautice

d) închideri încăperi, tubulaturi de ventilație, a conductelor de extracție a fumului, a conductelor inflamabile, închideri antifoc pentru goluri și străpungeri de cabluri electrice prin pereți și planșee,

e) separări pe verticală sau orizontală – pereți cortină,

f) în componenta carcaselor unor instalații speciale (incinte pentru distrus deșeuri – incinerator, incinte tratare termică oxidanți, cuptoare topire metale),

g) în componenta unor containere cu destinație militară, pentru transport aerian sau naval sau containere pentru substanțe chimice / explozive sau pirotehnice,

h) în componenta pereților unor structuri cu destinații de depozitare.

Plăcile pot fi îmbinate la muchii cu sau fără structură metalică ajutătoare.

Scopul invenției este de a îmbunătăți și diversifica materialele clasice existente pe piață cu rol de protecție la foc printr-o abordare nouă.

Concret, scopul principal este de a obține un material multistrat cu proprietati superioare celor existente, cu greutate redusă, care să poată fi folosit pe scară largă în domeniul construcțiilor, placărilor/acoperirilor și la construirea incintelor speciale.

Produsul dezvoltat pe lângă aplicația pentru care au fost încercat poate să suplinească și alte cerințe legate de proprietăți insectofungice, proprietăți crioscopice (antiîngheț) și care nu permit apariția mușcăiurilor [33,34].

Problema pe care o rezolvă invenția este aceea că produsul realizat din multistraturi de materiale omogene asigură o diferență de temperatură substanțială între fața expusă la flacără deschisă (între 850 - 1000°C) și cea neexpusă (220 - 235°C, interval atins după 30 min și stabil pe toata durata de 120 minute a testului) care nu permite aprinderea principalelor materiale combustibile ce intră în contact cu aceasta [26].

Performanțe - materialele utilizate în formarea compozitului stratificat sunt materiale anorganice, caracterizate de lipsa căldurii degajată în cazul arderii și care nu contribuie la dezvoltarea unui incendiu, indiferent de utilizarea lor finală. Conform literaturii de specialitate [27] acestea se încadrează în clasele de reacție la foc A1 și A1_(FL)

Componența plăcii multistrat propusă în prezenta invenție va avea în componență următoarele straturi, care sunt dispuse în succesiunea prezentată în figura 1, stratul 3 fiind cel proiectat a fi expus la flacăra directă:

- ✓ strat 1: sticlă expandată de diferite granulații liată cu silicat de sodiu
- ✓ strat 2: sticlă expandată de diferite granulații și vermiculit, liate cu silicat de sodiu
- ✓ strat 3: sticlă expandată de diferite granulații, vermiculit și olivină, liate cu silicat de sodiu

Modul de punere în operă a produsului:

- materialul se realizează într-un laborator, fiind necesare: cântar, malaxor, butelie CO₂, matrița, elemente de presare/compactare, alte materiale pentru reacția de întărire chimică a liantului cu CO₂.

- lipirea straturilor se face fără adeziv suplimentar, prin presare, pe baza liantului (silicat de sodiu) cu care sunt amestecate elementele solide.

- punerea în operă a produsului se face prin montarea plăcilor direct pe materialele care se doresc a fi protejate; în cazul în care suportul nu este drept, acesta se poate îndrepta cu soluții clasice (tencuire) sau se poate monta direct atunci când denivelările nu depășesc 5mm. Eventualele rosturi rămase între plăci, se pot umple cu un amestec de vermiculit și sfere de sticlă amestecate cu silicat de sodiu în procente de volum 20%, 70 % respectiv 10%.

- prinderea de pereți se poate realiza prin lipire cu mortare sau cu fixări mecanice care au în componență materiale incombustibile (dibluri metalice, șuruburi, ancore, etc), alese astfel încât să fie compatibile cu stratul suport (stratul în care se ancorează);

- sferile de sticlă nu conțin gaze cu proprietăți de reducere a dilatării, inhibare a arderii, sau de reducere transferului termic.

Obs. Având în vedere caracteristicile de grosime, densitate și greutate, prin placare nu va fi afectată rezistența și stabilitatea unei structuri.

Caracteristicile fiecărui material component

Tabel. 1

	Incombustibil (A1)	Greutate	Rezistență ridicată la compresiune	Rezistență ridicată la abraziune	Absorbție scăzută a apei, rezistență la apă	Ușor de tăiat și de fixat	Pur mineral	Rezistent la alcali	Nu oferă habitat pentru dăunători și rozătoare	Rezistența la îngheț	Reciclabil
sfere sticlă expandată	da	ușor	da	mediu	da	da	da	da	da	da	da
silicat de sodiu	da	mediu	da	da	da	da	da	da	da	da	da
vermiculit	da	ușor	da	da	da	da	da	da	da	da	da
olivină	da	mediu	da	da	da	da	da	da	da	da	da

Se detaliază în continuare un exemplu de realizare a invenției :

Procedeu de lipire: lipirea se face fără adeziv, prin presare, pe baza liantului (silicat de sodiu) cu care sunt amestecate elementele solide.

Mod de lucru pentru obținerea sistemului multistrat:

1. se realizează amestecul de bază din sfere de sticla expandată și silicat de sodiu;
 2. se împarte amestecul de bază în trei părți egale (prin cântarire);
 3. 1/3 se păstrează pentru stratul 1;
 4. 1/3 se amestecă cu pulberea de vermiculit (vermiculitul va avea un procent de 3% din toată masa sistemului multistrat) și se va rezulta stratul 2;
 5. 1/3 se amestecă cu pulbere de olivină și pulbere de vermiculit (vermiculitul va avea un procent de 1% și olivina 4% din toată masa sistemului multistrat) și se va obține stratul 3;
 6. în matrița de formare se introduce materialul pentru stratul 1, care este compactat ușor fără a se obține o suprafață perfect netedă;
 7. se introduce materialul pentru stratul 2 care se compactează în același mod, fără a se netezi suprafața;
 8. se introduce materialul pentru stratul 3 care se compactează și se netezește la final, pentru a rezulta o suprafață cât mai dreaptă;
- Obs. - cele 3 straturi în secțiune nu trebuie să fie perfect orizontale, acestea trebuind să se întrepătrundă pentru o mai bună legătură
9. se întărește întreg sistemul cu CO₂ - prin suflare de gaz sub presiune cu un dispozitiv de tip ac (circa 10 secunde pe suprafața de 50 x 50 x 12 mm);
 10. materialul se lasă la uscat timp de min. 5 zile la o temperatură între 20-30⁰C sau se poate introduce într-un cuptor pentru uscare cu temperatura între 50-60⁰C minim 8 ore.

Sistemul multistrat este format din:

1. Strat I omogen cu grosime de cca 4mm rezultat prin malaxarea timp de 7-12 minute a:

- 60% \pm 2% procente masice de amestec de sfere de sticlă expandată cu granulatia: 1 - 2 mm (13.2% \pm 1% procente masice); 0.5 - 1 mm (13.2% \pm 1% procente masice); 0.25 - 0.5 mm (16.8% \pm 1% procente masice) si 0.04 - 0.125 mm (16.8% \pm 1% procente masice);
- 40% \pm 2% procente masice de silicat de sodiu soluție apoasă.

2. Strat II omogen cu grosime de cca 4mm rezultat prin malaxarea timp de 7-12 minute a:

- 55% \pm 2% procente masice de amestec de sfere de sticlă expandată cu granulatia: 1 - 2 mm (12.1% \pm 1% procente masice); 0.5 - 1 mm (12.1% \pm 1% procente masice); 0.25 - 0.5 mm (15.4% \pm 1% procente masice) si 0.04 - 0.125 mm (15.4% \pm 1% procente masice);
- 36% \pm 2% procente masice silicat de sodiu soluție apoasă;
- 9% \pm 1% procente masice vermiculit.

3. Strat III omogen cu grosime de cca 4mm rezultat prin malaxarea timp de 7-12 minute a:

- 52% \pm 2% procente masice de amestec de sfere de sticlă expandată cu granulatia: 1 - 2 mm (11.44% \pm 1% procente masice); 0.5 - 1 mm (11.44% \pm 1% procente masice); 0.25 - 0.5 mm (14.56% \pm 1% procente masice) si 0.04 - 0.125 mm (14.56% \pm 1% procente masice);
- 33% \pm 2% procente masice silicat de sodiu soluție apoasă;
- 3% \pm 1% procente masice vermiculit;
- 12% \pm 1% procente masice olivină.

Punerea în operă se face într-o matriță de dimensiunile dorite prin seminivelarea fiecărui strat, compactarea ușoară cu un dispozitiv manual, urmat de întărire în urma insuflării de gaz (CO₂ sub presiune, concentrație minim 82%, presiune 20-25 l/min) cu ajutorul unui dispozitiv de tip ac în masă până la o adâncime de 50% din grosimea stratului, pentru derularea reacției de întărire chimică a liantului.

Straturile pot fi utilizate și individual, în produse cu aceeași grosime ($12 \text{ mm} \pm 5\%$), doar că performanțele vor fi mai scăzute cu 10% față de cele înregistrate în cazul compusului multistrat propus în prezenta invenție.

În urma testelor realizate privind reacția și rezistența la foc s-a constatat că pentru o proba realizată din straturi succesive de produse omogene, cu grosimea totală de 12mm, expusă la flacără deschisă s-a înregistrat o creștere rapidă a temperaturii pe fața neexpusă la flacără în primele 30 minute până la o temperatură de 220°C , urmată de o stabilizare în intervalul $220 - 235^\circ\text{C}$ până la oprirea testului după 120 min. Au fost testate trei probe, valorile mediate ale temperaturilor înregistrate de termocuplele de contact montate pe fața expusă la flacăra deschisă (T_{ext}), respectiv pe fața neexpusă la flacăra deschisă (T_{int}) fiind cele prezentate în Tabelul 2.

Timp [min]	Tint [$^\circ\text{C}$]	Text [$^\circ\text{C}$]		Timp [min]	Tint [$^\circ\text{C}$]	Text [$^\circ\text{C}$]
0	20	20				
5	42	951		65	231	1006
10	124.3	962		70	229	978
15	174.3	994		75	226.6	962
20	187	993		80	222	944
25	194.3	995		85	220	948
30	199.7	1005		90	218	951
35	234	997		95	221.2	956
40	228	1002		100	219.7	956
45	224	988		105	218	975
50	230	999		110	217.1	974
55	224.4	995		115	219	962
60	220	998		120	218	941

Tabelul 2. Variația temperaturii pe cele două fețe ale probelor testate la flacăra deschisă.

Conform standardului SR EN 1363-1:2020 [27], se observă că produsul propus prin prezenta invenție asigură o izolație la foc (criteriul I de performanță la foc - izolare termică la foc) de minimum 30 minute la o grosime de 12 mm la o temperatură medie de 942.5°C .

Corelat cu același standard menționat mai sus, în cele 120 de minute ale testului la flacăra deschisă nu au apărut găuri cu diametrul mai mare de 6 mm prin care instrumentul de măsurare să pătrundă pe o distanță de 150 mm de-a lungul găurii și nici nu a rezultat o flacăra susținută pe partea opusă, fapt pentru care se poate concluziona că a fost menținut pe toată durata testului criteriul de performanță pentru rezistența la foc E (etanșitate la foc).

Se încadrează astfel produsul ca având următoarele criterii de performanță pentru rezistența la foc: I = 30 minute, E = 120 minute

Caracteristici materiale

Tabel 3

Material	Densitate g/cm ³	pH	Rezistența la tracțiune în N/mm ²	Rezistența la compresiune în N/mm ²	Rezistența la indoire în N/mm ²	Conductivitate termică W/(mK)	Alte caracteristici
sfere sticlă expandată granulație 1-2mm	0.23	-	9.1	19.1	19.1	0.155	- Compoziția chimică [29]: 6SiO ₂ •CaO•Na ₂ O
sfere sticlă expandată granulație 0.5-1mm	0.27	-	15.1	45.2	29.2	0.161	
sfere sticlă expandată granulație 0.25-0.5mm	0.34	-	15.1	45.2	45.2	0.184	
sfere sticlă expandată granulație 0.04-0.125mm	0.53	-					
silicat de sodiu	1,53	10,5					- Proprietăți oxidante: nu - Compoziția chimică [30]:Na ₂ SiO ₃ (concentrație Na ₂ O=13.37%; SiO ₂ =31.42%; Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ =0.10%; CaO=0.06%; SO ₃ = -0.08%);
vermiculit	0.65	7		4.5	2.5	0,20 la 600°C 0,18 la 400°C 0,16 la 200°C	-Capacitate termică specifică 1.15kJ/kgK - Coficient contracție ulterioară sub 2% la 1000°C/12h - Dilatare termică liniară (20-700°C): 0,9% - Compoziția chimică [31]:(Mg + 2, Fe + 2, Fe + 3) 3 [(AlSi) 4O10] • (OH) 2 • 4H ₂ O
olivină mineral CAS:1317-71-1	3.2	7.5-8					- Punct de topire: aprox 1780 grade - Imiscibil în apă - Nu este volatil - Material non toxic - Compoziția chimică [32]: (Mg, Fe)2SiO ₄

BIBLIOGRAFIE

1. Zhang Cong, Analysis of Fire Safety System for Storage Enterprises of Dangerous Chemicals, *Procedia Engineering* 211 (2018) 986–995;
2. Shashi Ram, Rahul V. Ralegaonkar, Development of low thermal conductivity walling material using industrial by-product, *Journal of Cleaner Production* 204 (2018) 767-777;
3. Ming Yang, Yongping Zhu, Xueying Wang, Qin Wang, Li Ai, Lili Zhao, Ying Chu, A novel low thermal conductivity thermal barrier coating at super high temperature, *Applied Surface Science* 497 (2019) 143774;
4. Talal Fateh, Eric Guillaume, Paul Joseph, An experimental study of the thermal performance of a novel intumescent fire protection coating, *Fire Safety Journal* 92 (2017) 132–141
5. Fire resistant thermal insulation material with regulated moulding - *Procedia Engineering* 153 (2016) 604 – 608;
6. EUROPEAN PATENT EP 3 301 228 A1;
7. Fire performance of sandwich wall assemblies *Composites Part B* 93 (2016) 123e131;
8. Experimental study of the thermal performance of a building wall with vacuum insulation panels and extruded polystyrene foams Xiangfeng Li, Changhai Peng, Le Liu - *Applied Thermal Engineering* 180 (2020) 115801;
9. Experimental investigation of the fire resistance of multi-layer drywall systems incorporating Vacuum Insulation Panels and Phase Change Materials - Dimos A. Kontogeorgos, Georgios K. Semitelos, Ioannis D. Mandilaras, Maria A. Founti - *Fire Safety Journal* 81 (2016) 8–16;
10. Experimental investigation of the fire resistance of multi-layer drywall systems incorporating Vacuum Insulation Panels and Phase Change Materials - Dimos A. Kontogeorgos, Georgios K. Semitelos, Ioannis D. Mandilaras, Maria A. Founti - *Fire Safety Journal* 81 (2016) 8–16;
11. Russian Patents 2214373;
12. Potential utilization of FGD gypsum and fly ash from a Chinese power plant for manufacturing fire-resistant panels - Jing Li, Xinguo Zhuang, Carlos Leiva, Ana Cornejo, Oriol Font, Xavier Querol, Natalia Moeno, Celia Arenas, Constantino Fernandez-Pereira - *Construction and Building Materials* 95 (2015) 910–921;
13. Effect of discrete glass fibers on the behavior of R.C. Beams exposed to fire - Magdy Riad, M.M. Genidi, Ata El-kareim Shoeib, Sherif F.M. Abd Elnaby - *HBRC Journal* (2017) 13, 145–151;
14. Thermal insulation and thermally resistant materials made of geopolymer foams – Michal Lach, Kinga Korniejenko, Janusz Mikula - *Procedia Engineering* 151 (2016) 410 – 416;
15. Fabrication of hollow microspheres filled fly ash based foam geopolymers with ultra-low thermal conductivity and relative high strength - Ning-ning Shao, Yan-bo Zhang, Ze

Liu, Dong-min Wang, Zuo-tai Zhang - Construction and Building Materials 185 (2018) 567–573;

16. Analysis of fire resistance of cement mortars with mineral wool from recycling - Carolina Piña Ramírez, Alejandra Vidales Barriguete, Rubén Serrano Somolinos, Mercedes del Río Merino, Evangelina Atanes Sánchez - Construction and Building Materials 265 (2020) 120349;

17. Mechanical properties and microstructure of ultra-lightweight cement composites with fly ash cenospheres after exposure to high temperatures - Zhenyu Huang, Krishnan Padmaja, Shan Li, J.Y. Richard Liew - Construction and Building Materials 164 (2018) 760–774;

18. Fused dolomite-magnesia co-clinker for fired dolomite refractories - Malgorzata Niesyt, Bronislaw Psiuk - Ceramics International 43 (2017) 51–59;

19. Ceramic waste as an efficient material for enhancing the fire resistance and mechanical properties of hardened Portland cement pastes - S.M.A. El-Gamal, F.I. El-Hosiny, M.S. Amin, D.G. Sayed - Construction and Building Materials 154 (2017) 1062–1078;

20. Poly-m-aramid electrospun nanofibrous mats as high-performance flame retardants for carbon fiber reinforced composites - Laura Mazzocchetti, Tiziana Benelli, Emanuele Maccaferri, Stefano Merighi, Juri Belcari, Andrea Zucchelli, Loris Giorgini - Composites Part B 145 (2018) 252–260;

21. Flame Retardant Polyesters. III. Fibers - Seung-Cheol Yang, Jae Pil Kim - Published online 12 February 2008 in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com);

22. New approach for delaying the internal temperature rise of fire resistant mortar made with coated aggregate - Hong-Ki Kim, Jae-Suk Ryou - Construction and Building Materials 149 (2017) 76–90;

23. Tests on intumescent paints for fire protection of existing steel structures - Antonio Bilotta, Donatella de Silva, Emidio Nigro - Construction and Building Materials 121 (2016) 410–422;

24. Getting Fired Material with Vitreous Binder Using Frame Technology - Vladimir Erofeev, Sergey Korotaev, Alexey Bulgakov, Ilia Tretiakov, Alexandr Rodin - Procedia Engineering 164 (2016) 166 – 171;

25. Fire resistant thermal insulation material with regulated moulding viscosity and mixed bonding agent - Sergey A. Mizuriaev, Anna Yu. Zhigulina, Aleksandr N. Mamonov, Kseniya V. Ganekhina - Procedia Engineering 153 (2016) 604 – 608;

26. Stabilirea și prevenirea cauzelor de incendii - gr. mr. ing. Ionel Craciun, col. ing. Victor Lencu, mr. ing. Sorin Calota, Editura Tehnica 1993;

27 – Ordin comun OMTCT/OMAI nr. 1822/394 din 7 octombrie 2004 pentru aprobarea Regulamentului privind clasificarea și încadrarea produselor pentru construcții pe baza performanțelor de comportare la foc;

28 – SR EN 1363-1:2020 Încercări de rezistență la foc Partea 1: Condiții generale;

29 – www.poraver.com;

30 – High CO₂ Capture in Sodium Metasilicate (Na₂SiO₃) at Low Temperatures (30–60 °C) through the CO₂–H₂O Chemisorption Process - Rafael Rodríguez-Mosqueda and Heriberto Pfeiffer – The Journal of Physical Chemistry June 10, 2013;

31 – <https://nature.berkeley.edu/classes/eps2/wisc/mineral.html>;

32 – <https://gritsablare.ro/olivina-sablare-turnatorii-metalurgie-industrie.html>;

33 – Antimicrobial Effects of Sodium Metasilicate Against *Listeria monocytogenes* - Chander Shekhar Sharma, Sally K. Williams, Keith R. Schneider, Ronald H. Schmidt, and Gary E. Rodrick - Volume 9, Number 9, 2012, **FOODBORNE PATHOGENS AND DISEASE**;

REVENDICĂRI

I. Sistem multistrat din materiale compozite poroase rezistente la foc, ~~cu utilizare în construcții, pentru placare sau în componența echipamentelor cu destinație specială ca strat intermediar (fig.1).~~ caracterizat prin aceea că este constituit din trei straturi:

~~Toate straturile sunt rezistente la foc atât individual cât și în suprapunere multistrat, fiind obținute din materiale incombustibile, fără căldură de ardere degajată, utilizate pentru placarea/acoperirea elementelor portante sau neportante din cadrul construcțiilor, ca etanșant sau pentru protecția unor incinte speciale (de tipul: incinte, incineratoare, carcase, containere, încăperi, tancuri de depozitare, etc.).~~

~~Sistemul multistrat este format din:~~

a). Strat I omogen cu grosime de cca 4mm compus din $60\% \pm 2\%$ procente masice de amestec de sfere de sticlă expandată cu diferite granulații, $40\% \pm 2\%$ procente masice de silicat de sodiu soluție apoasă.

b). Strat II omogen cu grosime de cca 4mm compus din $55\% \pm 2\%$ procente masice de amestec de sfere de sticlă expandată cu diferite granulații, $36\% \pm 2\%$ procente masice silicat de sodiu soluție apoasă, $9\% \pm 1\%$ procente masice vermiculit.

c). Strat III omogen cu grosime de cca 4mm compus din $52\% \pm 2\%$ procente masice de amestec de sfere de sticlă expandată cu diferite granulații, $33\% \pm 2\%$ procente masice silicat de sodiu soluție apoasă, $3\% \pm 1\%$ procente masice vermiculit, $12\% \pm 1\%$ procente masice olivină.

II. *Procedeul de obținere a sistemului multistrat din materiale compozite poroase rezistente la foc, caracterizat prin aceea că se desfășoară în următoarele etape:*

a. materialele componente se omogenizează pentru obținerea amestecului de bază;

b. amestecul de bază se prelucrează la temperatura camerei prin punerea în operă într-o matriță de dimensiunile dorite, prin seminivelarea fiecărui strat și apoi prin compactarea ușoară cu un dispozitiv manual,

c. materialul este întărit prin insuflare de gaz (CO₂ sub presiune, concentrație minim 82%, presiune 20-25 l/min cu ajutorul unui dispozitiv de tip ac, în masă, până la o adâncime de 50% din grosimea stratului, pentru derularea reacției de întărire chimică a liantului).

~~Procedeu de obținere a sistemului multistrat definit la revendicarea I este caracterizat prin aceea că materialele prime se prelucrează la temperatura camerei, prin punerea în operă într-o matriță de dimensiunile dorite, prin seminivelarea fiecărui strat și apoi prin compactarea ușoară cu un dispozitiv manual, urmat de întărire în urma insuflării de gaz (CO₂ sub presiune, concentrație minim 82%, presiune 20-25 l/min) cu ajutorul unui dispozitiv de tip ac în masă până la o adâncime de 50% din grosimea stratului, pentru derularea reacției de întărire chimică a liantului.~~

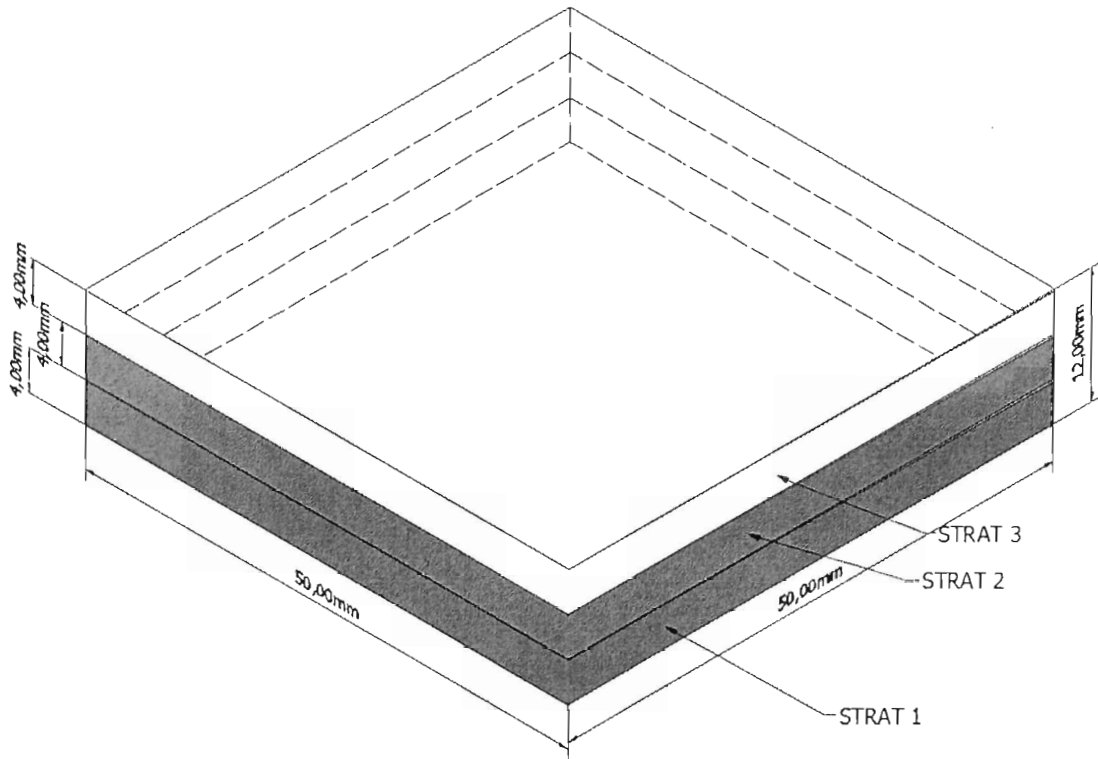


Fig.1. Schema de de principiu de realizare a sistemului multistrat din materiale compozite poroase rezistente la foc