

Даний винахід відноситься до області хімії і може бути застосований у промисловості будівельних матеріалів для отримання жаростійких бетонів та виробів на їх основі.

Найбільш близьким до даного винаходу по технічній суті та ефекту, що досягається, є в'язуче, яке містить нефеліновий шлам, рідке скло та тонкомелений шамот при такому співвідношенні компонентів, мас. %:

Нефеліновий шлам 10-20

Тонкомелений шамот 40 - 50

Розчин рідкого скла

( $\beta=1400 \text{ кг/м}^3$ ,  $M_c - 2,8$ ) 30 - 50

Недоліком даного технічного рішення є низька термостійкість у поєднанні з нестабільністю змінення термомеханічних характеристик штучного каменя.

Задача винаходу - стабілізація міцностних і деформативних характеристик та підвищення термостійкості отриманого штучного каменя.

Поставлена задача може бути досягнута, якщо жаростійке в'язуче, що включає  $\beta\text{-C}_2\text{S}$  вміщуючий компонент, розчинне скло та алюмосилікатну домішку, як  $\beta\text{-C}_2\text{S}$  вміщуючий компонент включає техногенну речовину, вибрану з групи: нефеліновий шлам, сталеплавильний шлак, як розчинне скло - натрієве розчинне скло з силікатним модулем  $M_c = 1 - 2$ , як алюмосилікатну домішку - невипалену та випалену при  $T = 700\text{-}750^\circ\text{C}$  цеолітну породу, представлену мінералами групи морденіту та гейландіту при такому співвідношенні компонентів, мас. %:

$\beta\text{-C}_2\text{S}$  вміщуючий компонент, який включає техногенну речовину, вибрану з групи:

**Нефеліновий шлам,**

**Сталеплавильний шлак,**

**яка вміщує  $\beta\text{-C}_2\text{S}$**

**не менш 60% 55 - 75**

**Невипалена цеолітна**

**порода 5 - 10**

**Випалена цеолітна**

**порода 15 - 25**

**Натрієве розчинне**

**скло ( $M_c = 1 - 2$ ) 5 - 10**

Необхідність дотримання заявленого співвідношення між розчинними та нерозчинними алюмінатними фазами нефелінового шламу та вмістом невипаленої та випаленої цеолітних порід обумовлена необхідністю утворення сприятливих умов для направленої синтезу цеолітоподібних новоутворень змінного хіміко-мінералогічного складу з різним ступенем впорядкування структури.

За даними фізико-хімічних досліджень, у складі продуктів гідратації в'язучого (в присутності низькомодульного розчинного скла) відбувається формування поряд з низькоосновними гідросилікатами кальцію групи тобермориту - лужних гідроалюмосилікатів змінного складу  $\text{Na}_2\text{O}_x \text{Al}_2\text{O}_3 (2 - 4) \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  типу гершеліту або анальциму. Останні обумовлюють утворення каркасної алюмосилікатної структури, яка формується при гідратаційному твердненні і залишається незмінною у процесі термічної обробки внаслідок епітаксійного зрощення утворених безводних фаз. Зазначені новоутворення мають змінний склад, який забезпечує необхідну термостійкість синтезованого штучного каменя.

Так, після термічної обробки зразків при  $T = 800^\circ\text{C}$  продукти дегідратації представлені поряд з  $\beta\text{-C}_2\text{S}$  лужними алюмосилікатами змінного складу  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x(2 - 6) \text{SiO}_2$ . При підвищенні температури випалення до  $T=1000^\circ\text{C}$  і вище - відмічається зрощення топотаксично дегідратованих новоутворень і формування закономірно повторних каркасних структур.

Присутність у складі в'язучого 5-10 мас. % недегідратованої цеолітної породи сприяє зниженню деструктивних напруг, які мають місце у структурі каменя внаслідок термічної обробки та виведення гідратної води, обумовлюючи тим самим поліпшення деформативних характеристик штучного каменя як до, так і після випалу.

Наявність "цеолітових вікон" у структурі випаленого алюмосилікатного каменя визначає ступінь дефектності мікроструктури. Розмір та симетрія їх просторового розміщення включає в себе симетрію просторового розміщення хімічних радикалів, які входять до складу безводних алюмосилікатів. Це призводить до підвищення симетрії структури фаз на агрегативному рівні. При умові впливу теплового поля, яке виникає у процесі експлуатації матеріалу, формується структура штучного каменя з мінімальною анізотропією якостей. Зазначене явище призводить до зниження внутрішньої напруги у структурі композиту, що знижує темп падіння міцності та модуля пружності, і як наслідок, сприяє стабілізації міцностних та деформативних характеристик.

Технологія виготовлення в'язучого для жаростійких бетонів подібна до технології виготовлення шлаколужних в'язучих.

Отримання жаростійкого в'язучого здійснюють таким чином: цеолітову породу роздрібнюють до розміру фракцій не більш 10 мм, а потім випалюють у печі при температурі  $T = 700 - 750^\circ\text{C}$  з ізотермічною витримкою протягом 2 годин. Після охолодження її змішують з нефеліновим шламом, попередньо висушеним до залишкової вологості не більше 1 мас. % та 5 - 10 мас. % невипаленої цеолітної породи. Отриману суміш роздрібнюють у кульовому млині до утворення маси, тонина помелу якої відповідає питомій поверхні  $S_n = 300 - 320 \text{ м}^2/\text{кг}$ .

Продукт помелу затворюють виготовленням розчином лужного компоненту - низькомодульного натрієвого розчинного скла ( $M_c = 1-2$ ,  $\rho = 1250 \text{ кг/м}^3$ ). При визначенні міцностних характеристик бетону, одержаного на базі пропонуємого в'язучого, як дрібний заповнювач використовують річний пісок з  $M_{кр.} = 0,89$ , а як крупний - фракціонований шамот фр. 5 - 10; 5 - 2,5; 2,5-0,63; 0,315-0,1.

Міцностні якості бетону при різних температурах на основі пропонуємого складу в'язучого визначали на

зразках 7х7х7 см відповідно з вимогами СН 156 - 79,

термостійкість - за ГОСТ 10910, а де-формативні характеристики - за ГОСТ 24544, 24452.

Результати випробування бетонів на основі жаростійкого в'язучого приведені в табл. 3.

Аналогічно були виготовлені та випробувані зразки згідно технічних рішень, які прийняті за аналог та прототип. Результати фізико-механічних випробувань також приведені у табл. 3.

Технічна ефективність даного винаходу полягає у розробці складів жаростійкого в'язучого, які забезпечують виготовлення бетонів з підвищеною термостійкістю та стабілізованими у робочому інтервалі температур (100 - 1000°C) характеристиками міцності та деформативності.

Бетони на основі даного складу в'язучого можуть бути рекомендовані для ремонту та зведення теплових об'єктів з температурою служби до 1000°C.

Таблиця 1

Мінералогічний склад нефелінового шламу

Найменування фаз	$\beta\text{-C}_2\text{S}$	Гідросилікати Кальція	Алюмосилікати натрія	Гідроферити і алюмоферити кальція	Гідроалюмінати натрія	Гідроалюмінати кальція	Карбонати кальція	Гідроксидні сполуки заліза	$\text{Ca(OH)}_2$
Вміст мас. %	75-80	2-5	2-6	1-2	1-2	1-2	до 5%	< 1%	< 1%

Таблиця 2

Мінералогічний склад конверторного шлаку

Найменування фаз	$\beta\text{-C}_2\text{S}$	$\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{FeO}$
Вміст мас. %	60-65	20-30	5-10

## Хімічний склад сировинних компонентів

Найменування	п.п.п.	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
Нефеліновий шлам (Ачинсь- кий глинозем- ний комбінат)	<u>3,0-8,0</u> 4,54	<u>21-30</u> 27,45	<u>2,0-5,0</u> 2,18	<u>0,1-1,0</u> 0,1	<u>2,0-5,0</u> 4,21	<u>51-62</u> 57,5	<u>1,0-3,0</u> 1,85
Цеолітна поро- да (Пегаське ро- довище Кемеровської обл.)	<u>3,3-8,4</u> 3,32	<u>50-61</u> 58,24	<u>7,5-5,0</u> 4,5	<u>0,1-1,0</u> 0,1	<u>13,9-24,5</u> 21,08	<u>1,5-4,0</u> 3,2	<u>0,7-1,6</u> 1,22
Цеолітна поро- да (Сокірниця, Закарпаття)	<u>3,3-8,37</u> 8,26	<u>50-65</u> 64,85	<u>4,5-5,5</u> 5,03	<u>0,1-1,0</u> 0,1	<u>13,6-22,0</u> 13,8	<u>1,5-4,1</u> 4,09	<u>0,8-1,6</u> 1,58
Конверторний шлак (За- поріжський ме- талургічний комбінат)	-	<u>13-20</u> 18,5	<u>1,0-8,0</u> 7,5	<u>10-16</u> 14,8	<u>2,2-5,6</u> 5,0	<u>40-50</u> 46,7	<u>2,5-7,0</u> 5,5

Таблиця 4

Результати порівняльних випробувань фізико-механічних якостей жаростійких бетонів

Но- мер	Склад в'язучого для жа- ростійкого бетону, мас. %	Співвід- ношен- ня алюмі- натних фаз у складі шламу	Силкат- ний мо- дуль натріє- вого розчин- ного скла	Грани- ця міцності при сти- ску після ТВО, МПа	Темпе- ратура випалу, °С	Границя міцності при сти- ску після випалу, МПа  залишко- ва міцність, %	Терміч- на усад- ка (роз- ширен- ня), %	Тер- мостій- кість, вод. теп- лозмін	Ди- намічн. модуль пруж- ності, $E_d \times 10^4$ , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Не- феліновий шлам – 55 Невипале- на це- олітна порода – 10 Випалена цеолітна порода – 25 Натрієве розчинне скло – 10	1:2	1	51,5	100	53/100	+0,4	51	2,8
					300	55/103			2,9
					500	51/96			3,1
					800	50/94			1,7
					1000	51,5/97			1,65
			1,5	47,3	100	48,0/100	+0,3	53	2,9
					300	50,9/106			3,0
					500	48,5/101			3,15
					800	47,0/98			1,8
					1000	49,0/102			1,75
			2	36,0	100	38,5/100	+0,2	54	2,7
					300	39,7/103			2,8
					500	38,0/99			2,9
					800	36,0/94			1,7
					1000	39,0/10			1,6
		1:2,5	1	54,0	100	55/100	+0,35	53	2,85
					300	57/103,6			2,92
					500	54/98			3,15
					800	49/89			1,98
					1000	59/94			1,75

Продовження табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1			1,5	48,0	100	49,5/100	+0,3	55	2,91
					300	51,0/102			3,12
					500	48,0/96			3,20
					800	47,2/95			1,90
					1000	46,0/92			1,85
			2	39,0	100	40/100	+0,25	57	2,75
					300	43/107,5			2,83
					500	41/102			2,92
					800	37/92,5			2,00
					1000	46/115			1,80
		1:3	1	52,5	100	54/100	+0,3	58	2,75
					300	56,5/105			2,80
					500	53,5/99			3,00
					800	49,9/92			2,10
					1000	53/98			1,92
			1,5	46,2	100	48,5/100	+0,25	60	2,95
					300	50,0/103			3,10
					500	48,5/100			3,20
					800	47,0/96			1,85
					1000	46,5/96			1,75
			2	38,1	100	39/100	+0,22	61	2,60
					300	42/107,6			2,70
					500	40/102,5			2,85
					800	38/97			1,80
					1000	45/115			1,70
2	Не- феліновий шлам – 65 Невипале- на це- олітна порода – 7,5 Випалена цеолітна порода – 20	1:2	1	58	100	60/100	+0,45	53	3,3
					300	62/103			3,7
					500	58/96,6			3,9
					800	57/95			2,1
					1000	55,1/92			1,9
			1,5	38	100	40/100	+0,35	54	3,5
					300	42/105			3,7
					500	39/97,5			3,9
					800	37,4/94			2,1
					1000	46/115			1,9

Продовження табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Напрієве розчинне скло – 7,5		2	40	100	42/100	+0,25	56	3,40
					300	43/102			3,50
					500	41/97,65			3,60
					800	40/95,2			2,00
					1000	43/102			1,80
		1:2,5	1	59,5	100	61/100	+0,4	51	3,35
					300	63/103			3,45
					500	59/96,7			3,70
					800	58,5/96			2,20
					1000	58/95,0			1,80
			1,5	41,0	100	43/100	+0,35	53	3,55
					300	45/104			3,78
					500	44/102			3,80
					800	42/97,6			2,30
					1000	49/113,9			1,95
			2	39,5	100	41/100	+0,37	55	3,5
					300	43/104,8			3,6
					500	42/102,4			3,8
					800	40/97,5			2,1
					1000	45/109,7			1,9
		1:3	1	55,0	100	57/100	+0,32	59	3,2
					300	58,5/102			3,3
					500	56,0/98			3,5
					800	53,0/92			2,2
					1000	56,5/99			1,8
			1,5	40,0	100	41,0/100	+0,28	58	3,4
					300	43,5/106			3,6
					500	40,0/98			3,8
					800	38,5/93			2,1
					1000	42,0/102			1,9
			2	38,5	100	40/100	+0,31	56	3,3
					300	41,5/103			3,4
					500	40,2/100			3,5
					800	38,2/96			2,0
					1000	43,5/108			1,75

Продовження табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	Не- феліновий шлам – 75 Невипале- на це- олітна порода – 5	1:2	1	54,7	100	56,5/100	+0,46	52	1,9
					300	57,2/101			2,1
					500	55/97,3			2,3
					800	52,0/92			1,8
					1000	55,1/98			1,5
	Випалена цеолітна порода – 15		1,5	38,5	100	40,0/100	+0,33	48	2,3
					300	42,5/106			2,4
					500	39,0/98			2,6
					800	38,5/96			1,6
					1000	41,0/103			1,45
	Натрієве розчинне скло – 5		2	37,6	100	39,2/100	+0,31	46	2,5
					300	40,0/102			2,4
					500	39,1/100			2,7
					800	38,7/99			1,7
					1000	42,4/108			1,65
		1:2,5	1	46,5	100	47,0/100	+0,37	53	2,0
					300	49/104,2			2,1
					500	44/93,6			2,2
					800	42,5/91			1,5
					1000	44,5/95			1,3
			1,5	44	100	45/100	+0,35	49	2,4
					300	47/104			2,5
					500	46/102			2,7
					800	43/95			1,9
					1000	46,2/103			1,4
			2	40	100	41/100	+0,35	47	2,6
					300	43/104,8			2,7
					500	42,5/104			2,8
					800	40,0/98			1,8
					1000	42,0/102			1,5
		1:3	1	43,5	100	46,5/100	+0,37	50	1,9
					300	47,2/102			2,0
					500	46,0/98			2,1
					800	45,2/97			1,5
					1000	47,0/101			1,2

Продовження табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			1,5	42,7	100	44,0/100	+0,33	47	2,3
					300	46,2/106			2,4
					500	45,0/102			2,6
					800	44,2/100			1,8
					1000	45,3/103			1,4
			2	38,2	100	40/100	+0,31	44	2,6
					300	43,5/109			2,8
					500	42,0/105			2,9
					800	40,8/102			1,5
					1000	41,7/104			1,45
4	Конверторний шлак – 55 Невипалена цеолітна порода – 10 Випалена цеолітна порода – 25 Натрієве розчинне скло – 10		1	53,5	100	55/100	+0,45	50	2,9
					300	57/103,6			3,0
					500	52/94,5			3,2
					800	49/89,0			1,8
					1000	51/92,7			1,7
			1,5	46,2	100	49/100	+0,25	55	3,0
					300	51/104			3,1
					500	49,5/101			3,2
					800	47,0/96			1,9
					1000	50/102			1,8
			2	37,5	100	39/100	+0,2	56	2,8
					300	41/105			2,9
					500	40/102,5			3,0
					800	38,5/99			1,8
					1000	40,6/104			1,75
5	Конверторний шлак – 65 Невипалена цеолітна порода – 7,5 Випалена цеолітна порода – 20		1	59	100	62/100	+0,4	52	3,4
					300	63/101,6			3,5
					500	57/91,9			3,7
					800	59/95,2			2,0
					1000	63/101,6			1,9
			1,5	42	100	44/100	+0,3	53	3,6
					300	45/102,2			3,7
					500	43/97,7			4,0
					800	42/95,4			2,3
					1000	45/102,2			2,0

Продовження табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Натрієве розчинне скло – 7,5		2	44	100 300 500 800 1000	45/100 47/102 44/95,6 42/91,3 45/97,84	+0,2	55	3,5 3,6 3,7 2,1 1,9
6	Конвер- торний шлак – 75 Невипале- на це- олітна порода – 5 Випалена цеолітна порода – 15 Натрієве розчинне скло – 5		1	57,2	100 300 500 800 1000	58/100 59,2/102 56/96,5 55/94,8 59/101,7	+0,5	54	2,2 2,4 2,8 1,8 1,6
			1,5	39,4	100 300 500 800 1000	40/100 43/107,5 41/102,5 39/97,5 42/105	+0,35	49	2,3 2,4 2,6 1,7 1,5
			2	38,0	100 300 500 800 1000	40/100 41/102,5 38/95,0 36/90,0 42/105	+0,32	47	2,4 2,5 2,6 1,8 1,7
Склад в'язучого згідно прототипу									
7	Не- феліновий шлам – 10 Шамот – 40 Рідке скло – 50	–	2,8	32,0	100 300 500 800 1000	35/100 22/62 23/65 38/108 34/97	+0,9	19	1,6 1,8 2,1 0,68 0,60
8	Не- феліновий шлам – 20 Шамот – 50 Рідке скло – 30	–	2,8	35,0	100 300 500 800 1000	37/100 27/72 26/70 38/102 30/81	+0,75	2,1	1,65 1,80 2,20 0,63 0,58

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Склад в'язучого згідно аналога (а.с. СРСР № 1721034, БІ N 11, 1992)									
9	Запо- різьський доменний шлак – 87,5 Натрієве розчинне скло Мс = 2 (в пе- реліку на R <sub>2</sub> O) – 2 Натрій ща- велевокис- лий – 0,5 Дегідрато- вана це- олітна порода – 10	–	2,0	68,5	100 300 500 800 1000	71,5/100 68,3/96 52,1/73 43,2/61 32,1/45	+0,8	36	1,72 1,80 1,85 0,90 0,72
10	Запо- різьський доменний шлак – 55 Натрієве розчинне скло Мс = 2 (в пе- реліку на R <sub>2</sub> O) – 12 Натрій ща- велевокис- лий – 3 Дегідрато- вана це- олітна по- рода – 30	–	2	72,7	100 300 500 800 1000	74,5/100 69,2/93 55,5/75 46,7/63 35,2/47	+0,85	38	1,75 1,80 1,90 0,85 0,60