

Винахід належить до промисловості будівельних матеріалів і може бути використаним на підприємствах з виготовлення силікатних стінових матеріалів.

Аналогом технічного рішення є технологія виготовлення умовно ефективної цегли, яка містить деяку кількість відходів азбестоцементного виробництва [Інформаційний листок Волгоградського міжгалузевого територіального центру науково-технічної інформації і пропаганди, серія Р.67.09.91, №88-38]. Недоліки технічного рішення є неможливість виготовлення ефективної легкої цегли або легкого каменю середньою густиною до 1200кг/м^3 , також необхідність використання в суміші вапна.

Прототипом технічного рішення є "Спосіб виготовлення будівельних виробів із вологих азбестоцементних відходів" (Патент 120509, Польща, МКИ С04В15/6), згідно з яким азбестоцементні відходи змішують з піском у співвідношенні від 3:7 до 7:3 по сухій масі, формують із суміші будівельні елементи, які далі пропарюють в автоклаві під тиском протягом 9 год. при температурі 180°C . Недоліком відомої технології є також висока середня густина виробів - до 1600кг/м^3 і пов'язана з цим висока теплопровідність матеріалу понад $0,8\text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$.

Завданням винаходу є зниження середньої густини будівельного каменю із азбестоцементних відходів, що дає змогу одержати легкі теплоізоляційні вироби. Це завдання забезпечується тим, що азбестоцементні відходи повністю або частково висушуються, змішуються з кварцовим піском, суміш формується і вироби пропарюються в автоклаві, на відміну від відомих рішень, пісок попередньо промелюється до питомої поверхні $200\ldots 300\text{м}^2/\text{кг}$ і змішується з висушеними азбестоцементними відходами у наступному співвідношенні компонентів, мас. % на абсолютно суху речовину:

азбестоцементні відходи	50...67
мелений пісок	33...50.

Мокрі азбестоцементні відходи (АЦВ) являють собою продукт згущення пульпи, яка фільтрується крізь сукно листоформувальних машин азбестоцементного виробництва. Після згущення вологість їх складає $70\ldots 85\%$. Сухі АЦВ складаються на $70\ldots 80\%$ із гідратованих і карбонізованих зерен цементу і на $20\ldots 30\%$ із дрібних волокон азбесту фракції $0,071\ldots 2,5\text{мм}$. Сухі АЦВ мають насипну густину $280\ldots 400\text{кг/м}^3$. За хімічним складом АЦВ містять (мас. %): $\text{CaO} - 40\ldots 50$, $\text{SiO}_2 - 17\ldots 30$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 3\ldots 8$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - 4\ldots 8$, $\text{MgO} - 3\ldots 7$, $\text{SO}_3 - 1,5\ldots 5$, $\text{R}_2\text{O} - 0,2\ldots 1$, в.п.н. $130\ldots 28$.

Теплопровідність АЦВ після повного висушення складає у пухкому стані $0,06\ldots 0,07\text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$. АЦВ поряд із гідратованими цементними частинами можуть містити також залишки нерозкладених зерен клінкеру. Доцільність застосування АЦВ для виготовлення ефективних будівельних матеріалів (легких конструкційних і теплоізоляційних) обумовлена їх фізичними властивостями: низьким значенням насипної густини, низькою теплопровідністю, високою температуростійкістю. Особливу увагу заслуговує те, що АЦВ мають потенційну здатність до проявлення в'язучих властивостей і твердіння. Цей ефект проявляється, як підтверджується польським патентом, в умовах автоклавної обробки під високим тиском водяної пари і температурі 180°C . В таких умовах зразки матеріалу, пресованого із суміші АЦВ і піску, набували помітну міцність - $6\ldots 8\text{МПа}$ при середній густині $1300\ldots 1600\text{кг/м}^3$. В процесі твердіння в автоклаві відбувається реакція між гідроксидом кальцію і кремнеземом піску, також, на наш погляд гідросилікати кальцію гідратованих зерен цементу проходять перекристалізацію з утворенням тоберморитоподібної фази. Нами помічено, що при використанні тонкомеленого піску можливого виготовлення легких пресованих матеріалів середньою густиною до 1200кг/м^3 і значною міцністю до $5\ldots 6\text{МПа}$. Такий матеріал є ефективним: теплопровідність його складає до $0,4\text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$, водостійкість за коефіцієнтом розм'якшення - $0,87$, морозостійкість $25\ldots 35$ циклів.

Виготовлення зразків матеріалу здійснюється наступним чином. АЦВ висушуються від $45\ldots 80\%$ до $0\ldots 20\%$ вологості, наприклад у природних умовах або примусово у сушарці будь-якої конструкції (сушильні шафи, жаровні, барабанні сушарки та ін.). Кварцовий пісок (сухий або з природною вологістю до 6%) помелюється у кульовому млині до питомої поверхні $200\ldots 400\text{м}^2/\text{кг}$. Мінімальна питома поверхня $200\text{м}^2/\text{кг}$ необхідна для того, щоб із помітно, інтенсивністю відбувалась хімічна взаємодія між піском і вапном, а питома поверхня піску $400\text{м}^2/\text{кг}$ обмежується технічними можливостями кульових млинів, техніко-економічні показники яких різко знижуються при виготовленні продукту з питомою поверхнею понад $400\text{м}^2/\text{кг}$. Далі АЦВ та мелений пісок (МП) змішуються у співвідношенні (% сухих матеріалів): АЦВ - $50\ldots 67$, МП - $33\ldots 50$. Змішування доцільно здійснювати у апаратах, в яких суміш також перетирається, наприклад, у бігункових або стержневих змішувачах, під час перемішування, якщо АЦВ абсолютно сухі, додається вода з доведенням вологості суміші до формовочної - $10\ldots 14\%$. Змішування ефективно проводити у дві стадії: 1- у лопатевому змішувачі, 2 - у бігунковому або стержневому. Перемішана суміш пресується під тиском $10\ldots 15\text{МПа}$. Пресовані зразки запалюються в автоклаві під тиском $0,8\ldots 1,2\text{МПа}$ з температурою $160\ldots 185^\circ\text{C}$. Якщо вологість АЦВ складає $20\ldots 25\%$ після сушіння, то до суміші з піском вода не додається.

Приклад 1

Використовуємо АЦВ Здолбунівського ВАТ "Волинь шифер" та пісок Славутського родовища. Пісок, помелений до питомої поверхні $300\text{м}^2/\text{кг}$ та повністю висушені АЦВ перемішуються разом з водою до вологості суміші 12% у спеціальній чаші. Суміш пресується під тиском 15МПа на гідравлічному пресі і далі зразки - циліндри розміром $5\times 7,5\text{см}$ пропарюються у виробничому автоклаві на вагонетці разом із силікатною цеглою на Любомирському вапняно-силікатному комбінаті. Випробування зразків на міцність проводиться на гідравлічному пресі. Дослідження впливу складу суміші на властивості запарених зразків матеріалу проведено за спеціальною матрицею із застосуванням статистичних методів планування експерименту. Умови планування (відношення маси меленого піску до маси АЦВ - МП/АЦВ та відношення маси немеленого піску до маси АЦВ - П/АЦВ) мали вигляд:

Відношення компонентів		Варіювання			ΔX_i
		-1	0	+1	
МП/АЦВ	X_1	0,5	1,25	2	0,75
П/АЦВ	X_2	0	1,5	3	1,5

Матриця планування у вигляді 3-х рівневого плану та результати досліджень наведені в таблиці.

№ п/п	Матриця				Витрата матеріалів, %			Властивості матеріалу	
	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	АЦВ	МП	П	ρ ₀ , см ³	Міцність на стиск, МПа
1	+	+	2	3	16,7	33,3	50	1,6	1,74
2	+	-	2	0	33,3	66,7	-	1,31	3,5
3	-	+	0,5	3	22,1	10,8	67,1	1,51	2,73
4	-	-	0,5	0	66,7	33,3	-	1,02	4,56
5	+	0	2	1,5	22,1	44,6	33,3	1,5	2,06
6	-	0	0,5	1,5	33,3	16,7	50	1,36	3,05
7	0	+	1,25	3	19,2	23,8	57	1,56	2,06
8	0	-	1,25	0	50,4	49,6	-	1,14	5,74
9	0	0	1,25	1,5	26,7	33,3	40	1,45	3,09
10	0	0	1,25	1,5	26,7	33,3	40	1,44	3,08
11	0	0	1,25	1,5	26,7	33,3	40	1,45	3,09

Після реалізації матриці та статистичного аналізу результатів отримані квадратичні рівняння регресії середньої густини і міцності пропареного силікатного матеріалу на стиск:

$$\rho_0 = 1,443 - 0,087X_2^2 + 0,085X_1 + 0,201X_2 - 0,049X_1 \cdot X_2$$

$$R_{cm} = 3,137 - 0,656X_1^2 + 0,688X_2^2 - 0,507X_1 - 1,213X_2$$

Аналіз рівнянь регресії та параметрів таблиці свідчать, що оптимальним є склад суміші №4 і 8 на основі АЦВ і меленого піску в межах 50...67% для АЦВ та 33...50% для меленого піску. Така суміш забезпечує мінімальне значення середньої густини 1,02...1,14 г/см³ і максимальну міцність пропарених виробів - 4,56...5,74 МПа.

Приклад 2

Необхідно визначити, до якої остаточної вологості слід висушити АЦВ, щоб формовочна вологість суміші складала 12%. За формулою відносної вологості $W = m_v / (m_n + m_{АЦВ} + m_v)$, (тут W - відносна вологість, m_n , $m_{АЦВ}$, m_v - відповідно маси сухих піску, АЦВ та води), знайдемо вміст матеріалів на 1 т формовочної суміші:

$$0,12 = \frac{m_v}{m_n + m_{АЦВ} + m_v}; \quad m_v = 0,136(m_n + m_{АЦВ})$$

При $m_n = 0,49m_{АЦВ}$ маса води складає $m_n = 0,136 \cdot m_{АЦВ} = 0,272 \cdot m_{АЦВ}$

$$W_{АЦВ} = \frac{0,272m_{АЦВ}}{m_{АЦВ} + 0,272m_{АЦВ}} \approx 21\%$$

Вологість відходів

При $m_n = 0,49m_{АЦВ}$ маса води складає $m_v = 0,136 \cdot 1,49m_{АЦВ} = 0,202 \cdot m_{АЦВ}$

$$W_{АЦВ} = \frac{0,202m_{АЦВ}}{m_{АЦВ} + 0,202m_{АЦВ}} \approx 17\%$$

Вологість відходів

Таким чином, щоб забезпечити формовочну вологість суміші на рівні 12% можна сухий мелений пісок змішати із АЦВ вологістю 21% при співвідношенні АЦВ: мелений пісок - 1:1 (в процентах 50:50), або вологість АЦВ може скласти 17% при співвідношенні АЦВ: мелений пісок - 2:1 (в процентах 67:33).

Це дозволяє досягти економії тепла при неповному сушінні АЦВ в промислових сушарках або при застосуванні природно підсушеного матеріалу, який накопичено у відвалах.