

691.32

*Щерба В.В., аспірант, Татаренко М.М., ст. викладач,
Шишкін О.О., доктор технічних наук, професор,
Криворізький національний університет,
м. Кривий Ріг, Україна*

ПІНОБЕТОН, АКТИВОВАНИЙ СПОЛУКАМИ ЗАЛІЗА

В зв'язку зі зростанням вартості енергоносіїв, останніми роками в Україні на одне з перших місць виходить проблема скорочення використання паливно-енергетичних ресурсів. В першу чергу потребують скорочення витрати на обігрів будівель і споруд в осінньо-зимовий період. Одним з шляхів зниження таких витрат є скорочення теплових втрат через зовнішні конструкції будівель. Тому розробка ефективного матеріалу для теплоізоляції конструкцій будівель є актуальним завданням.

Крім того, в Україні, як і в інших країнах, останнім часом велика увага приділяється використанню відходів, у тому числі і при виробництві будівельних матеріалів, оскільки застосування відходів у виробництві будівельних матеріалів призводить до зниження їх собівартості в порівнянні з матеріалами, виготовленими з природної сировини. Однак рівень використання промислових відходів на Україні при виробництві теплоізоляційних будівельних матеріалів нині недостатній.

Тому завдання розширення виготовлення виробів із застосуванням вторинних сировинних ресурсів і відходів промислового виробництва є актуальним. У зв'язку з цим, технологію отримання теплоізоляційних матеріалів з використанням відходів промисловості, можна повною мірою віднести до ресурсозберігаючої, її використання є ефективним способом зниження забруднення довкілля і дозволяє запобігти виснаженню непоновлюваних природних ресурсів. Зокрема, застосування у якості сировини відходів збагачення залізних руд дозволить звільнити земельні угіддя, зайняті під ці відходи, і поліпшити екологічну обстановку регіонів.

Аналіз літературних даних [1-3] показав, що найбільш перспективним теплоізоляційним матеріалом для масового будівництва, виходячи з його вартості і технічних властивостей, може стати пінобетон середньою густиною 200...300 кг/м³. Нині для влаштування теплоефективних стін будівель в Україні застосовується пінобетон середньою густиною 600...800 кг/м³, який має міцність при стиску 1,6...3,0 МПа.

Зниження середньої густини теплоізоляційного пінобетону є перспективним як з економічної, так і з технічної точок зору.

Проте, при виготовленні теплоізоляційних виробів з пінобетону середньою густиною 200...300 кг/м³ виникає ряд технологічних труднощів:

1. Вироби такої густини з необхідною міцністю 0,8...1,5 МПа можуть виготовлятися тільки з високомарочного цементу, що збільшує їх собівартість;
2. Забезпечення стійкої формувальної маси, необхідної для отримання виробів густиною 200...300 кг/м³, є практично не вирішеною задачею.

Рішенню цих завдань та удосконаленню технології отримання пінобетону присвячена дана робота, що базується на розробці технології приготування стійкої формувальної маси з концентрованої залізо-силікатної суспензії (КЗСС), яка є альтернативою тісту з високомарочного цементу.

Основою формувальної маси прийнята концентрована залізо-силікатна суспензія отримувана помелом залізовміщуючого компоненту (зокрема оксидів заліза та відходів збагачення залізних руд) із битим склом. Змішування концентрованої залізо-силікатної суспензії

зі стабілізованою технічною піною призводить до отримання формувальної маси, що забезпечує виготовлення теплоізоляційних виробів середньою густиною 250...300 кг/м³.

Як основні сировинні матеріали для проведення експериментальних робіт використовувалися бій віконного скла, оксиди заліза, відходи збагачення залізних руд (ВЗЗР) Південного гірничо-збагачувального комбінату та портландцемент марки 400 (виробник «Хайдельберг цемент», м. Кривий Ріг).

Дослідження впливу компонентів на властивості каменю і матеріалу проводилися із застосуванням математичного планування експерименту. Для математичної обробки результатів застосовувався метод кореляційного аналізу. Для дослідження фізико-механічних властивостей каменю і бетону застосовувалися стандартні методи.

Початкові дослідження штучного каменю проводилися на щільних зразках. За параметр оптимізації була прийнята міцність каменю при стиску.

Результати досліджень впливу КЗСС, що включає мелений бій скла та мелений залізовмісний компонент (ВЗЗР) на міцність отриманого каменю приведена в табл. 1.

Таблиця 1 - Вплив КЗСС на міцність каменю

Номер досліджу	Вміст компонентів, мас. %			Середнє значення міцності при стиску, МПа
	Склобій	ВЗЗР	Портландцемент	
1	20	0,2	79,8	14
2	20	20	60	20
3	30	0,2	69,8	10
4	30	20	50	31
5	40	0,2	59,8	16
6	40	20	40	15

З аналізу результатів досліджень визначена раціональна область складу каменю, що включає 55...62% портландцементу, 37...42% склобою, 2,8...7,7% ВЗЗР. Для подальших досліджень вибраний склад що включає 58 % - портландцементу, 37% - склобою, 5% - ВЗЗР.

Підвищення вмісту бою скла з 20 до 40% призводить до збільшення склеювальної речовини, повнішого обволіканню нею мікрочасток ВЗЗР та портландцементу. Зрештою це призводить до утворення міцніших контактів, більшої їх кількості в одиниці об'єму каменю. Подальше збільшення вмісту бою скла призводить до прояви усадкових явищ і зниження міцності.

Диференційно-термічним аналізом встановлено, що теплова обробка при температурі приблизно 65°C сприяє підвищенню міцності отриманого каменю.

Проведеними дослідженнями виявлено, що введення до складу досліджуваного матеріалу меленого доменного відвального шлаку або золи винесення ТЕЦ в кількості від 3 до 8% інтенсифікує формування первинної структури (тверднення), підвищуючи границю міцності при стиску каменю через 3 доби тверднення з 1,0 МПа до 4,1 МПа. Це призводить до скорочення часу витримки виробів з пінобетону.

Введення до складу каменю меленого доменного відвального шлаку в кількості до 10% призводить до підвищення його міцності при стиску у віці 7 діб з 10,5 до 13,6 МПа.

Підвищення міцності пов'язане з утворенням між кремнеземистими частками додаткових зв'язків типу $\equiv \text{Si} - \text{O} - \text{Ca} - \text{O} - \text{Si} \equiv$.

При подальшому підвищенні температури теплової обробки каменю з меленим доменним відвальним шлаком або золою винесення ТЕЦ до 95°C його міцність збільшується.

Збільшення міцності при нагріванні до 95°C, вочевидь, пов'язано з утворенням додаткових зв'язків типу $\equiv \text{Si} - \text{O} - \text{Fe} - \text{O} - \text{Si} \equiv$.

Після визначення оптимального складу сировинної шихти були проведені дослідження по оптимізації мікропористої структури, що забезпечує отримання теплоізоляційного матеріалу густиною 250..300 кг/м³.

З цією метою було вивчено вплив поверхнево-активних речовин (ПАР): смоли деревної обмиленої (СДО), сульфанола, ПО-6 на міру поризації концентрованої залізо-силікатної суспензії (КЗСС). Поризацію концентрованої залізо-силікатної суспензії проводили при В/Т = 10.

Проведеними дослідженнями виявлено, що зі збільшенням концентрації усіх застосованих ПАР до певної величини міра поризації зростає. Найбільша міра поризації досягається при використанні СДО у кількості 1,2%.

Структуризація технічної піни здійснюється концентрованою залізо-силікатною суспензією в результаті електростатичної взаємодії.

Результати проведених досліджень показали, що оптимальним водотвердим відношенням при приготуванні технічної піни з СДО і концентрованої залізо-силікатної суспензії є В/Т=10, яке було прийнято для подальших досліджень.

Для отримання матеріалу низької густини, суміш, що складалася з меленого склобою, ВЗЗР і води піддавали спінюванню. Для цього в розчинову суміш вводили СДО у кількості 0,9% від маси твердих компонентів і піддавали спінюванню в роторному змішувачі. Водотверде відношення при цьому варіювали від 0,6 до 1,4.

Проведені дослідження показали, що на середню густину отриманого матеріалу, при його подвійній поризації, здійснює вплив як водотверде відношення складових розчинової суміші, так і витрата піни на одну тонну формувальної маси. Так, для отримання матеріалу густиною 200 кг/м³ при В/Т=0,6 витрата піни склала 1420 літрів на 1 тонну формувальної маси, а при В/Т = 1,4 - 1130 літрів.

За результатами проведених досліджень для подальшої роботи водотверде відношення складових розчинової суміші було прийнято 1,25. Витрата піни відповідно прийнята для матеріалу густиною 200 кг/м³ - 1480 літрів, 250 кг/м³ - 1250 літрів, 300 кг/м³ - 980 літрів на одну тонну формувальної маси.

В результаті досліджень диференціальної пористості теплоізоляційних матеріалів середньою густиною 200..300 кг/м³ встановлено, що в матеріалі з меншою густиною вміст великих ніздрюватих пор більший, а капілярних - менший, порівняно з матеріалом з більшою густиною. Це було видно по зміщенню кривої розподілу ніздрюватих пор у бік зменшення діаметру пор при збільшенні середньої густини матеріалу з 200 до 300 кг/м³. Крім того, зменшення ширини кривої розподілу пор зі збільшенням середньої густини матеріалу свідчить про скорочення спектру пор при підвищенні щільності матеріалу. Зниження середньої густини теплоізоляційного матеріалу призводить до збільшення пористості, а отже і до зниження міцності.

З метою визначення впливу технологічних факторів на властивості пінобетону, в процесі дослідів визначено вплив порядку змішування його компонентів на густину отриманого матеріалу. Для цього було застосовано двостадійну технологію отримання пінобетону. Тобто окремо виготовлені піна та розчинова суміш змішувалися для отримання пінобетону. Порядок змішування компонентів пінобетону, застосованих в дослідях, наведено в табл. 2.

Таблиця 2 - Порядки змішування компонентів пінобетону, застосовані в дослідях

№ порядку змішування	Порядок змішування компонентів при отриманні піни	Порядок змішування компонентів при отриманні розчинової суміші
1	ПО + ВЗЗР + В ₁	Ц + КЗСС + В ₂
2	ПО + Ц ₁ + В ₁	Ц ₂ + КЗСС + В ₂
3	Ц + КЗСС + ПО + В	

Примітка. ПО – піноутворювач; Ц – розрахункова кількість цементу; В – розрахункова кількість води; КЗСС – концентрована залізо-силікатна суспензія; Ц₁, Ц₂ – частини розрахункової кількості цементу; В₁, В₂ – частини розрахункової кількості води.

В процесі проведення дослідів визначено, що порядок змішування компонентів пінобетону значно впливає на властивості пінобетонної суміші (табл. 3).

Вочевидь, що застосування першого прийнятого порядку змішування компонентів пінобетону, коли піна отримується за рахунок змішування піноутворювача, частини розрахункової кількості води та частини залізовмісного компоненту (ВЗЗР), а розчин – змішуванням цементу, концентрованої залізо-силікатної суспензії та другої частини розрахункової кількості води призводить до зменшення кількості заповнювача, необхідної для отримання пінобетонної суміші найменшої густини.

Таблиця 3 – Густина пінобетонної суміші

№ порядку змішування	Кількість ПО, л/м ³	Густина суміші, кг/м ³
1	0,25	860
1	0,50	680
2	0,4	1000
2	0,5	720
3	0,5	920
3	0,75	720

Примітка. ПО – піноутворювач.

Таким чином, проведеними дослідженнями встановлено:

1. Застосування концентрованої залізо-силікатної суспензії, яка утворюється шляхом сумісного помелу залізовміщуючого компоненту з боєм скла, в якості компоненту пінобетону призводить до збільшення його міцності при стиску.

2. Застосування спеціального методу отримання пінобетонної суміші, який полягає в приготуванні технічної піни шляхом змішування піноутворювача, залізовмісного компоненту і частини розрахункової кількості води та приготуванні розчинової суміші шляхом змішування цементу, концентрованої залізо-силікатної суспензії та другої частини розрахункової кількості води з наступним змішуванням піни і розчинової суміші призводить до зменшення кількості піноутворювача, необхідної для отримання пінобетону певної густини. Це, в свою чергу, призводить до збільшення швидкості формування та величини міцності пінобетону.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бородская Р.М. Безавтоклавный газозолошлакобетон / Р.М. Бородская, Б.П. Данилов. К.: Госстройиздат УССР, 1964. – 78 с.
2. Кевеш П.Д. Газобетон на пергидроле / П.Д. Кевеш, Э.Я. Эршлер. М.: Госстройиздат, 1961. – 86 с.
3. Настич О.Б. Свойства пористого бетона, модифицированного железосодержащими добавками и окислителями / О.Б. Настич, А.А. Шишкин // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2007. – вып. 43. – С. 314-321.