

УДК 691.327:624.131.22.002.68

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ДОБАВОК ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПІНОБЕТОНУ

ANALYSIS OF THE USE OF ADDITIVES IN THE PRODUCTION OF FOAM CONCRETE

Сторчай Н.С. д.т.н., проф. ORCID: 0000-0002-6600-4632, Савін Ю.Л. к.т.н., доц. ORCID: 0000-0002-3259-4451, Мінін К.В. асп., Сторчай К.В. студ. (Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, м. Дніпро)

Storchai N.S. doctor of technical sciences, professor, ORCID: 0000-0002-6600-4632, Savin Yu.L. candidate of technical sciences, associate professor ORCID: 0000-0002-6600-4632, Minin K.V. post-graduate student, Storchai K.V. student (Pridniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipro)

В статті представлено результати літературного аналізу використання в технології неавтоклавного пінобетону різних модифікаторів. Застосування пластифікаторів та ультрадисперсних наповнювачів дозволить досягти фізико-механічних властивостей неавтоклавного пінобетону, порівнянних автоклавному за тієї ж середньої густини. В даний час з'явилася велика кількість пластифікаторів та добавок, застосування яких у технології пінобетону потребує дослідження і є актуальним.

The article presents an analysis of literary sources on the issue of foam concrete modification. The analysis of scientific works in this direction showed that insufficient attention is paid to the issue of modifying heat-insulating foam concrete with additives of plasticizers and microsilica. Therefore, this topic is very relevant. Its solution ultimately contributes to: improving the quality of finished products, which is expressed in increasing its strength without changing thermal conductivity; reduction of its cost price due to disposal of secondary products of industrial production.

The use of plasticizers and ultradisperse fillers will make it possible to achieve physical and mechanical properties of non-autoclaved foam concrete comparable to autoclaved concrete at the same average density. Currently, a large number of plasticizers and additives have appeared, the use of which in foam concrete technology requires research and is relevant.

Ключові слова: Неавтоклавний пінобетон, пластифікуючі добавки, мікрокремнезем, структура, міцність.

Non-autoclaved foam concrete, plasticizing additives, microsilica, structure, strength.

Вступ. Неавтоклавний пінобетон є одним із ефективних теплоізоляційних будівельних матеріалів [1]. Незважаючи на свої позитивні якості, такі як низькі теплопровідність, середня густина та витрати на виробництво, а також можливість утилізації промислових відходів, неавтоклавні пінобетони мають і недоліки, головним з яких є невисока міцність. Це ускладнює його застосування як стінового матеріалу та утеплювача міжповерхових перекриттів, де потрібно забезпечити необхідну міцність у межах від 0,5 до 2,0 МПа.

Таку міцність при стиску даного пінобетону можна задати тільки при введенні добавок, що модифікують, правильному проектуванні складу, належному приготуванні, укладанні, а також при правильному витримуванні пінобетону на початковій стадії його твердіння. Збільшення міцності неавтоклавного теплоізоляційного пінобетону, зниження його собівартості та загальна рентабельність виробництва залежать від технології виробництва високоякісного пористого будматеріалу [2, 3].

Міцність пінобетону залежить переважно від міцності міжпорових перегородок [4], збільшити останню можна шляхом:

- зниження водо-твердого (водо-цементного) відношення за допомогою пластифікаторів, що призведе до зниження капілярної пористості матеріалу;
- введення до складу пінобетонної суміші ультрадисперсних наповнювачів (відходів виробництв) з малою насипною густиною, таких як мікрокремнезем.

Пластифікуючі добавки. Загальні відомості. Застосування добавок, що пластифікують, є перспективним напрямом у підвищенні ефективності пінобетонів і поліпшенні їх експлуатаційних властивостей. Введення пластифікаторів у бетонні та розчинні суміші, дозволяє підвищити їх рухливість, не викликаючи зниження міцності при стиску бетону або розчину. Навіть у невеликих кількостях вони значно впливають на процеси гідратації цементу, що дозволяє позитивно впливати на властивості пінобетонів.

Пластифікуючі добавки були відкриті та запатентовані у 1935 році, але широко застосовуватися у технології бетону стали у 60-х роках ХХ століття. Випускати суперпластифікатори як товарні продукти розпочала фірма «Сюдентше Кальштїкштофф Вієрке» («Suddentsche Kalstickstoff – Weyke») (ФРН) та «КаО Соап ЛТД» («KaO Soap Co Ltd»). З 1978 року у нашій країні у промисловому масштабі почав випускатися суперпластифікатор С-3.

На сьогоднішній день пластифікатори можна класифікувати так [5]: модифіковані лігносульфанати; нафталінсульфанати; меламінсульфанати; поліакрилати; полікарбоксилати (гіперпластифікатори).

Механізм дії пластифікаторів полягає в його адсорбції на цементних зернах, що гідратуються, і тонкомолотих кремнеземистих компонентах [5]. При цьому відбувається утворення мономолекулярного шару, що знижує внутрішнє тертя, та пептизація флокул цементних частинок. Збільшення

кількості цементних частинок, що гідратуються, при пептизації прискорює процеси гідратації, а відповідно і зростання міцності бетону.

Суперпластифікатори та гіперпластифікатори переважно використовуються для виробництва важких бетонів. У технології пінобетону застосування добавок, що пластифікують, стримується завдяки їх як вважалося негативному впливу на стійкість піни, тому потребує це потребує досліджень.

Досвід використання пластифікуючих добавок у технології пінобетону. У різні роки пластифікацією пінобетонних сумішей займалися Калашніков В.І., Макрідін Н.І., Местніков А.Є., Кузнецов Ю.С., Іванов І.А., Ухова Т.А., Кривицька І.Г., Дворкін Л. І. Мартинов В.І., Мартиненко В.О. та ін.

Експериментальні дослідження, що наводяться Уховою Т.А. та Кривицької І.Г. у роботі [6], встановили ефективність застосування комплексної добавки (суперпластифікатор + інтенсифікатор структуроутворення) у складі пористого бетону. Вивчення основних фізико-механічних властивостей пористого бетону неавтоклавного твердіння з комплексною добавкою на основі суперпластифікатора показало можливість виготовлення з цих бетонів дрібних блоків, які за своїми основними показниками наближаються до аналогічних виробів з автоклавних пористих бетонів.

Дані лабораторних випробувань, вказані Калашниковим В.І., Макрідіним Н.І., Кузнецовим Ю.С. у роботі [7], дозволяють рекомендувати зниження норми витрати води у складі пористої суміші з використанням суперпластифікатора С-3 на 35%.

Дослідженнями, виконаними під керівництвом професора Іванова І.А. було встановлено, що ефективність пластифікування в мінеральних дисперсних композиціях залежить від концентрації твердої фази. Максимальний ступінь пластифікування як за реологічними показниками, так і скорочення води замішування проявляється саме в концентрованих суспензіях, якими є пористої суміші. Висока дисперсність сировинних матеріалів пористого бетону дає можливість більш повного прояву властивостей добавок, що пластифікують, порівняно з важкими бетонами, в яких пластифікуючий ефект підвищується при застосуванні дрібних пісків.

Дослідженнями Василика П. та Голубєва І. встановлено, що:

- пластифікатори марок «К-5», «Релаксол», «Melment» руйнують структуру приготованої піни;

- пластифікатор «Sika» структуру піни не руйнує, але й не забезпечує стійкості пінобетонної суміші, руйнуючи її;

- пластифікатори С-3, ЛСТ зменшують водо-цементне відношення, частково забезпечуючи стійкість пінобетонної суміші, але готові вироби

виходять з нерівномірною пухкою крупнопористою структурою та невисокою міцністю;

- найкращий результат був отриманий із застосуванням гіперпластифікаторів марки "Melflux" (Melflux 2651F та Melflux 1641F). Вони дозволили отримати досить стійку піну (до 50 хв) і коефіцієнт використання піни дорівнює 0,95.

Вплив пластифікуючих добавок нового покоління на основні фізико-механічні та теплофізичні властивості пінобетонів у сучасній технічній літературі практично не розглядається, відповідно питання щодо можливості їх застосування у складі теплоізоляційного пінобетону дуже актуальне і потребує ретельних досліджень.

Використання мікрокремнезему як модифікатора пінобетону. Як один з компонентів (заповнювача) в пінобетонних сумішах може використовуватися мікрокремнезем. Завдяки своїм унікальним властивостям він може збільшити міцність при стисканні в два і більше разів, ніж немодифіковані пінобетони.

Мікрокремнезем (МК) – це кремнезем техногенного походження, що утворюється попутно в результаті конденсації з газової фази при виплавці кремнієвих сплавів (феросиліція, силікохрому, силікомарганцю) і характеризується високим вмістом аморфного кремнезему з розвиненою питомою поверхнею, здатний активно взаємодіяти з $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в ході гідратації цементу. Активність такої взаємодії істотно вища за активність природних кремнеземів (трепелу, опоки, діатоміту та ін.). Хімічна активність мікрокремнезему у поєднанні з великою питомою поверхнею зробила його ефективним компонентом сучасних цементних бетонів.

Перші дослідження мікрокремнезему як мінеральної добавки для бетонів і розчинів були проведені в 40-х роках ХХ ст. Тоді ж було отримано патент на модифікацію цементних систем шляхом введення до їх складу мікрокремнезему. У період з 1951 по 1952 рр. професор Бернхардт провів експерименти із застосування мікрокремнезему в бетоні. Як модифікуюча добавка в технології бетонів і розчинів мікрокремнезем став широко застосовуватися на початку 60-х років.

Застосування мікрокремнезему дало можливість його утилізації без суттєвої втрати у властивостях бетону. Раніше в бетонні суміші з цією ж метою вводили доменні шлаки та золи-віднесення ТЕЦ, які й дотепер є кремнеземвміщуючими промисловими відходами, що найбільш широко використовуються як наповнювачі бетону. У порівнянні з ними мікрокремнезем характеризується великим вмістом SiO_2 і більшою дисперсністю.

В даний час мікрокремнезем є одним з основних компонентів так званих DSP-бетонів (Densified with Small Particles) бетонів, ущільнених мікрочастинками.

У світовій будівельній індустрії застосування мікрокремнезему сприяє одержанню: високоміцних бетонів (міцність при стиску досягає до 100 МПа, а при автоклавній обробці – до 240 МПа); бетонів підвищеної довговічності,

що мають стійкість до сульфатної, хлоридної агресії, до слабких кислот, морської води, а також до низьких і високих температур. Добавка мікрокремнезему збільшує водонепроникність до 50% (марка з водонепроникності бетону з добавкою мікрокремнезему до 20% від маси цементу становить W16), сульфатостійкість – до 100%; добавка 6% мікрокремнезему дозволяє отримати бетон з маркою по морозостійкості F300 при В/Ц=0,45; бетонів з високою ранньою міцністю (міцність при стиску в першу добу становить 63 МПа, через 28 діб – 124 МПа, через 1 рік – 127 МПа).

Частинки мікрокремнезему мають гладку поверхню і сферичну форму. Середній розмір частинок становить від 0,1 до 0,2 мікронів, питома поверхня коливається від 13000 до 25000 м²/кг. У порівнянні з іншими в'язучими матеріалами, мікрокремнезем має низьку насипну густину, високий вміст реактивного кремнезему та ультрадисперсність.

Агрегати мікрокремнезему добре сорбують радіоактивні нукліди і зменшують їх вилуговування з цементної матриці.

Для підвищення дисперсності в бетони на основі мікрокремнезему вводять пластифікатор або суперпластифікатор. Мікрокремнезем у поєднанні з суперпластифікаторами застосовується у складі торкретбетонів; його функція полягає в істотному підвищенні адгезії шару бетону, що наноситься до оброблюваної поверхні. Застосування мікрокремнезему викликає також збільшення когезійної міцності, причому переважно для сумішей, що наносяться по «мокрому» способу (порівняно з контрольними зразками міцність при стисканні через 28 діб зростає в 1,5 рази). Введення мікрокремнезему до складу торкретбетонів знижує їх проникність у 20 разів, що дає значну перевагу їх застосування для відновлення армованих бетонних конструкцій в умовах дії агресивних середовищ.

У складі сухих будівельних сумішей мікрокремнезем збільшує водоутримуючу здатність композиції, клейкість (адгезію композиції до основи у в'язкопластичному стані), міцність зчеплення з основою.

Мікрокремнезем додають у суміш як додаткове в'язуче. У різних країнах існує різна ринкова політика щодо мікрокремнезему, і існують різні підходи до його використання. У США мікрокремнезем рекламується як високоякісний продукт, його застосування обмежується високою вартістю. У країнах Європи він більший популярний через низьку вартість та можливість отримання бетонів з високими конструкційними та експлуатаційними характеристиками.

У Норвегії середнє дозування мікрокремнезему для сумішей становить 8%. Доведено, що мікрокремнезем впливає на лужність води в порах цементного гелю, знижуючи її до 12,5. Здатність бетону з мікрокремнеземом захищати сталеву арматуру не суттєво відрізняється в порівнянні з бетоном тієї ж міцності на портландцементі.

Питання застосування добавок пластифікаторів та мікрокремнезему, а також спільний їх вплив на фізико-механічні властивості теплоізоляційного пінобетону недостатньо вивчений і тому є дуже актуальним.

Висновки. Аналіз літературних джерел показує, що питанням модифікування пінобетону добавками пластифікаторів та мікрокремнезему приділяється недостатньо уваги. В даний час з'явилося велика кількість пластифікаторів та добавок, застосування яких у технології пінобетону потребує дослідження. Тому ці питання є актуальними, рішення яких в кінцевому підсумку сприятиме: поліпшенню якості готової продукції, що виражається в підвищенні міцності без зміни теплопровідності; зменшення собівартості за рахунок утилізації вторинних продуктів промислового виробництва.

1. Основи виробництва стінових і оздоблювальних матеріалів / Р.Ф. Рунова, В.І. Гоц, О.Г. Гелевера, О.П. Константиновський, Ю.Л. Носовський, В.В. Піпа. – Київ: Видавництво «Основа», 2017. – 528 с.

Osнови virobniцtva stinoviћ i ozdobyvalnih materialiv / R.F. Runova, V.I. Goc, O.G. Gelevera, O.P. Konstantinovskij, Yu.L. Nosovskij, V.V. Pipa. – Kiyiv: Vidavniцtvo «Osнова», 2017. – 528 s.

2. Martynov V. Influence of the Structure of a Material Solid Phase on the Properties of Cellular Concrete / V. Martynov, E. Martynov, I. Krylov, A. Herega // International Journal of Composite Materials 2015, 5(4): 79-80 DOI: 10.5923/j.comaterials.20150504.02

3. Коваль П.М. Методика проектування складів пінобетону з необхідними властивостями на підставі експериментально-статистичних моделей / П.М. Коваль, О.В. Кушнір, В.І.Мартинов // Дорогі і мости, 2008, №10, С.130-136

Koval P.M. Metodika proektuvannya skladiv pinobetonu z neobhidnimi vlastivostyami na pidstavi eksperimentalno-statistichnih modelej / P.M. Koval, O.V. Kushnir, V.I.Martynov // Dorogi i mosti, 2008, №10, S.130-136

4. Martynov V. Analysis of Solid Phase Impact on Cellular Concrete Properties / V. Martynov, A. Krylov. // Journal of technical university of Moldova and Moldavian engineering association. Meridian ingintres, 2015. №2. P.35–37.

5. Рунова Р.Ф., Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л., Носовський Ю.Л. В'язучі речовини: Підручник. – К.: Основа, 2012. – 448 с.

Runova R.F., Dvorkin L.J., Dvorkin O.L., Nosovskij Yu.L. V'yazhuchi rehovini: Pidruchnik. – K.: Osнова, 2012. – 448 s.

6. Ухова, Т.А., Кривицкая, И.Г. Опыт применения комплексных добавок на основе суперпластификаторов при производстве ячеистых бетонов // Долговечность конструкций из автоклавных бетонов. Тезисы докладов III республиканской конференции. – Таллин, 1978. – с. 146-147.

Uhova, T.A., Krivickaya, I.G. Opyt primeneniya kompleksnyh dobavok na osnove superplastifikatorov pri proizvodstve yacheistyh betonov // Dolgovechnost konstrukcij iz avtoklavnyh betonov. Tezisy dokladov III respublikanskoj konferencii. – Tallin, 1978. – s. 146-147.

7. Калашников, В.И., Кузнецов, Ю.С., Макридин, Н.И. Использование химических добавок с учётом технологических особенностей производства газобетона // Долговечность конструкций из автоклавных бетонов. Тезисы докладов III республиканской конференции. – Таллин, 1978. – с. 151-154.

Kalashnikov, V.I., Kuznecov, Yu.S., Makridin, N.I. Ispolzovanie himicheskikh dobavok s uchyotom tehnologicheskikh osobennostej proizvodstva gazobetonu // Dolgovechnost konstrukcij iz avtoklavnyh betonov. Tezisy dokladov III respublikanskoj konferencii. – Tallin, 1978. – s. 151-154.