



Корх О. І.



Сопов В. П.

Корх О. І.,

аспірант кафедри фізико-хімічної механіки та технології будівельних матеріалів і виробів, Харківський національний університет будівництва та архітектури, ✉ sashkacream0@gmail.com ☎ + 38-093-974-46-59

Сопов В. П., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізико-хімічної механіки та технології будівельних матеріалів і виробів, Харківський національний університет будівництва та архітектури, ✉ vpsopov@gmail.com ☎ +38-093-415-23-15

O. Korh,

graduate student of the Department of Physical-Chemical Mechanics and Technology of Building Materials and Products, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, ✉ sashkacream0@gmail.com ☎ + 38-093-974-46-59

V. Sopov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Physical-Chemical Mechanics and Technology of Building Materials and Products, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, ✉ vpsopov@gmail.com ☎ +38-093-415-23-15

МЕТОД УТИЛІЗАЦІЇ СКЛЯНОГО БОЮ У ВИРОБНИЦТВІ БЕТОНУ**THE METHOD OF GLASS CULLET UTILIZATION IN THE PRODUCTION OF CONCRETE****МЕТОД УТИЛІЗАЦИИ СТЕКЛЯННОГО БОЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕТОНА**

Анотація. Досліджено проблему утилізації скляного бою і визначена її масштабність на території України. Проведено аналіз літературних джерел, виявлено можливість застосування скляних відходів для виготовлення бетонів. Показано, що обмеженість використання скла як заповнювача обумовлена розширенням бетону в результаті реакції лугів з кремнеземом. Розглянуто можливі шляхи вирішення проблеми. Зроблено висновок про потенціал застосування даного виду відходів у виробництві декоративних бетонів.

Ключові слова: бетон, скляний бій, фракція, реакція лугів з кремнеземом, вміст повітря, властивості бетонної суміші.

Annotation. The problem of glass cullet utilization and its size on the Ukraine's territory was investigated. The analysis of literary sources, revealed the possibility of using glass waste for the manufacture of concrete. It is shown that the limited use of glass as a coarse aggregate is due to the expansion of concrete as a result of the reaction of alkalis with silica. Considered possible solutions to the problem. The conclusion is made about the potential of this type of waste in the production of decorative concretes.

Keywords: concrete, cullet, fraction, alkali reaction with silica, air content, concrete mix properties.

Аннотация. Исследована проблема утилизации стеклянного боя и определена ее масштабность на территории Украины. Проведен анализ литературных источников, выявлена возможность применения стеклянных отходов для изготовления бетонов. Показано, что ограниченность использования стекла в качестве заполнителя обусловлена расширением бетона в результате реакции щелочей с кремнеземом. Рассмотрены возможные пути решения проблемы. Сделан вывод о потенциале применения данного вида отходов в производстве декоративных бетонов.

Ключевые слова: бетон, стеклянный бой, фракция, реакция щелочей с кремнеземом, содержание воздуха, свойства бетонной смеси.

Вступ

У зв'язку з тим, що людство знаходиться на порозі екологічної катастрофи, вчені все більш частіше звертають увагу на вивчення проблем утилізації, переробки та повторного застосування відпрацьованих продуктів промисловості [1-5]. До таких продуктів відноситься склобій або скляні контейнери (банки, пляшки, флакони, лабораторний і хімічний посуд та ін.).

В Україні кількість скляних відходів складає 8,2 % від загальної кількості міських відходів та 1% будівельних відходів [6, 7]. У відмінності від інших видів відходів, таких як папір або органічні компоненти, скляні відходи залишаються стабільними після утилізації з сміттєвих звалищ, а також представляють собою значну долю залишків, для переробки яких неможливо використовувати спалювання. В ідеальному випадку відпрацьоване скло потрібно повторно використати або відновити для виробництва нових скляних виробів. Крім того, під час процесів збору відходів, деякі скляні відходи стають забрудненими, змінюють колір або подрібнюються, що робить їх неприйнятними для повторного використання та новлення. Все комерційне скло є на основі кремнезему, який складається з більш ніж 70% SiO₂. Це дає можливість використовувати його як пуццолановий матеріал або заповнювач у будівельній галузі [8].

Вивчення літературних джерел та аналіз результатів досліджень

Такий матеріал як бетон є найбільш потенційним для застосування скляних відходів. Вже існує велика кількість досліджень, які присвячені саме цій темі. Завдяки аналізу літературних даних, було визначено, що скляний бій в залежності від розміру подрібнення, може бути використаний у бетоні як дрібний чи крупний заповнювач [9, 10], у будівельному розчині як пісок [11], а також застосовуватися у якості пуццолановмісної добавки [12, 13]. Використання цього матеріалу може бути реалізовано двома шляхами – заміною або додаванням, тому оптимальна кількість відходів скла може змінюватися в залежності від прийнятого методу.

Відходи скла перед утилізацією проходять цикл етапів підготовки для створення якісної сировини. Авторами [14] розроблена принципова технологічна схема переробки та сортування використаного скла для подальшого застосування (рис. 1).

За такою схемою, скло розподіляється за фракціями та кольором і стає готовою сировиною для подальшого застосування.

Приклад розподілу за фракціями наведений на рис. 2.

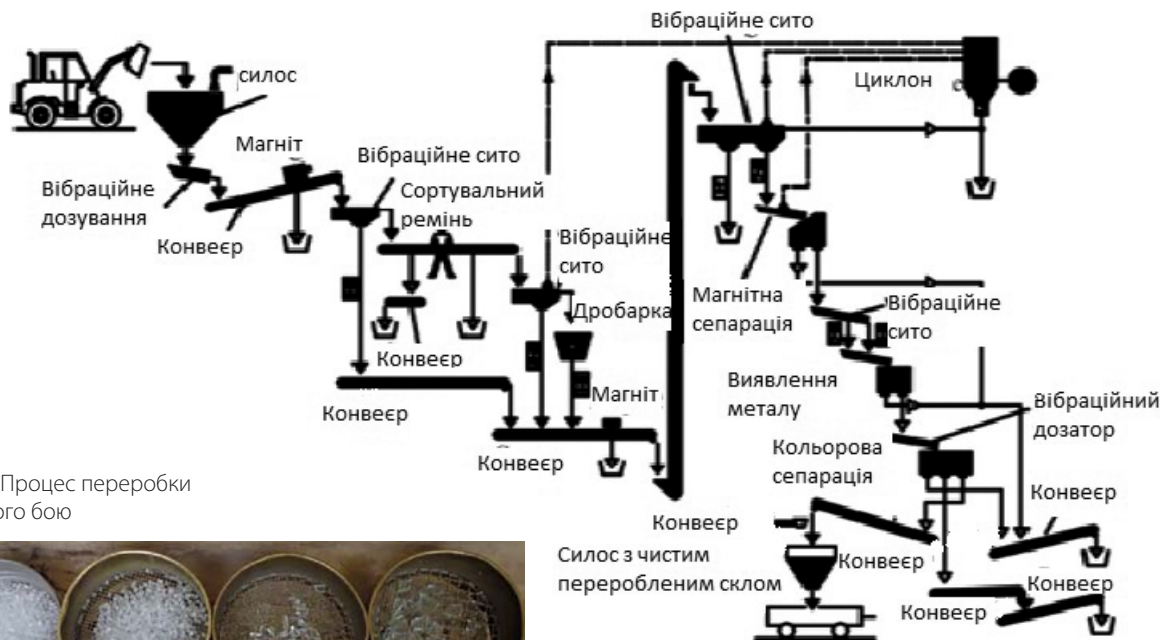


Рис. 1. Процес переробки скляного бою



Рис. 2. Розподіл скла за фракціями

Найбільш популярним для досліджень зарубіжних науковців виявилося скло, змелене у порошок. Такий заповнювач може проявляти в'язучі властивості, а також при його використанні реакція лугів з кремнеземом не виходить за встановлені межі [15].

Але також виявлено, що деякі отримані результати суперечать один одному. Так наприклад, автори мають суперечливі результати щодо впливу дрібного скляного заповнювачу на розвиток міцності на стиск. Науковці [16] продемонстрували, що міцність на стиск збільшується разом із додаванням відходів скла на рівні заміни до 15% стандартного заповнювача. Подальші дослідження, проведені авторами [17], показали, що бетон, який містить 20% дрібного скляного заповнювачу, перевищує міцність на стиск, отриману звичайним бетоном. Інші дослідники [18] виявили, що бетон, що містить до 100% скляного піску, отримував міцність на стиск подібну з контрольним зразком після 28 днів. Автори [19, 20] виявили суперечливі результати, причому бетон, що містив понад 30% скляного заповнювачу, не зміг розвинути міцність, рівну контрольній, а спостерігалась тенденція до зменшення міцності з додаванням додаткового скла. Висновки показані авторами [21], свідчать, що за початком заміни скла на природний заповнювач міцність одразу ж починає падати. Також потрібно мати на увазі, що всі дослідження на міцність проводилися у віці 28 днів. Науковці з університету Чарльза Дарвіна в Австралії [22], випробували зразки бетону з замінені природним дрібним заповнювачем у кількості 10% та контрольні у віці 270 діб. Результати випробувань на міцність зображені на рис. 3. Два склади бетону повинні були мати запроектовану міцність 40 МПа. Як видно, жоден зі зразків не отримав відповідного показника. Суміш з 10% заміною природного піску на скляний має меншу кінцеву міцність. Хоча у віці 120 діб випробування показали однакові показники як для контрольного складу так і досліджуваного. Автори пов'язують це явище з початком розвитку реакції лугів з кремнеземом, яка в кінцевому результаті зменшила кінцеву міцність. Тож можна зробити висновок, що дані попередніх досліджень можуть бути неправильно трактовані, так як потребують більш тривалого терміну випробування.

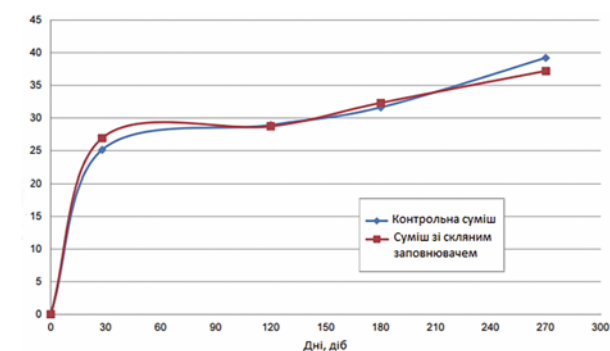


Рис. 3. Випробування проведені авторами [22]

Також деякими дослідниками виконані дослідження, щодо властивостей бетонних сумішей. До таких належать вміст повітря у суміші, збереження властивостей, рухливість та густина. За висновками авторів [11, 22, 20, 23] можна сказати, що густина та вміст повітря пропорційно зменшуються зі збільшенням вмісту скла. Величина розпливу конусу також зменшується. Допускається, що це є наслідком низького водопоглинання за рахунок більш гладкої та рівної поверхні скла.

Разом з цим існує значно менша кількість досліджень використання скла, як крупного заповнювачу. Це пов'язано з тим що більший розмір скла провокує неконтрольовану луго-сілікатну реакцію, якій складно завадити. Але дослідження авторів [24, 25] показують, що заміна 60% крупного заповнювачу на скло сприяє зростанню міцності на стиск з 17,3 МПа до 26,8 МПа у віці 28 діб в порівнянні з контрольним зразком.

Щодо використання скла як дрібного та крупного заповнювачу можна зробити висновок, що це є можливим, але при вирішенні питання контролю реакції лугів з кремнеземом. За свідченнями [22] існують три способи зменшення реакції:

- застосування цементів з низьким вмістом лугу;
- обмеження кількості матеріалу з потенціалом для виникнення реакції лугів з кремнеземом;
- додаткове додавання дуже дрібних кремнеземистих матеріалів, таких як зола виносу, мікрокремнезем або метаколін.

При цьому, існують попередні дослідження, які свідчать про різний характер виникнення даної реакції у скляних заповнювачів, розподілених за кольором. Так як, кожен колір є наслідком додавання різних компонентів, це може вплинути на хід реакції твердіння та набору міцності бетону.

Принципово відмінним є застосування скла, як цементозаміщуючої добавки, так як у цьому випадку скло використовується як високодисперсна мінеральна добавка. Цьому присвячена більша кількість статей, у порівнянні з кількістю статей про крупний скляний заповнювач та дрібний. Висновки авторів [27, 28] показують, що незначна заміна цементу на змелений порошок зі скла може підвищувати міцність бетону. Це є вигідним як для екології, так і має позитивний економічний ефект.

На основі вивчення розглянутих джерел, можна сказати, що для України використання скла може вирішити глобальну екологічну проблему з відходами, вирішити питання економічного та зеленого будівництва, а також зменшити обсяги розробки кар'єрів для видобутку природного каменю. Але при цьому є потреба у проведенні повноцінних досліджень з використанням місцевих матеріалів.

Висновки:

- за статистичними даними Україна має велику кількість скляних відходів, з яких незначна кількість переробляється, а залишки скуплюються у відвалах;
- потенціальним методом утилізації скла є виготовлення бетонів на скляних заповнювачах;
- за дослідженнями оптимальна кількість заміни природних заповнювачів та цементу на скло не повинна перевищувати 30%;
- не знайдені дослідження застосування скла у бетонах в Україні, тому потрібно вивчити ці питання, використовуючи місцеві матеріали, для визначення потенціалу їх використання саме на нашій території;
- існують суперечливі результати випробувань, через що виникає потреба в проведенні більш глибоких та тривалих дослідженнях.

Література:

1. Використання відходів промисловості для виробництва ефективних будівельних матеріалів / Очеретний, В. П., Ковальський, В. П., Машницький, М. П., Діденко, А. Ф. // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві – 2010. – № 2. – С. 53-55
2. Методология разработки состава и прогнозирования свойств композита на основе стекольного боя / В.С. Бесмертний, Ф.Е. Жерновой, Е.С. Дорохова, И.А. Изотова // Вестник Белго-родского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 3. – С. 130-134.
3. О возможности использования бытового-го стеклобоя при производстве строительных изделий / Ю.В Суворова, О.В. Лазаренко // Сборник научных работ студентов Республики Беларусь «НИРС 2011» – 2012. – С. 244-245.
4. Ammash, H., Muhammed, M. and Nahhab, A. (2009). Using of waste glass as fine aggregate in concrete. 1st ed. [ebook] University of AL-Qadisiya. Available at: www.iasj.net/iasj?func=fulltext&ald=34725 [Accessed 29 Apr. 2015].
5. Use of recycle glass as a coarse aggregate in concrete / Gayal Kuruppu, Ravihansa Chandratilake // Materials of World Construction Conference 2012 – Global Challenges in Construction Industry – 2012. – p. 221-228.
6. Заверуха Н.М., Серебряков В.В., Скиба Ю.А. Основи екології / Навч. посібн. – К.: Каравела, 2006. – 368 с.
7. Проблеми утилізації та переробки будівельних відходів / О. Р. Попович, Я. М. Захарко, М. С. Мальований // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва. – 2013. – № 755. – С. 321-324.
8. Management and recycling of waste glass in concrete products: Current situations in Hong Kong / Tung-Chai Ling, Chi-Sun Poon, Hau-Wing Wong // Resources, Conservation and Recycling. – 2013. – Vol.70. – p.25-31
9. Study of Concrete Involving Use of Waste Glass as Partial Replacement of Fine Aggregates / M. Iqbal Malik, Muzafar Bashir, Sajad Ahmad, Tabish Tariq, Umar Chowdhary // Journal of Engineering. – 2013. – Vol. 3. – p. 8-13.
10. Use of waste glass as sand in mortar: Part I – Fresh, mechanical and durability properties / Kiang Hwee Tan, Hongjian Du // Cement and Concrete Composites. – 2013. – Vol.35. – p.109-117
11. Comparative studies of properties of mortars with recycled glass aggregates incorporated by addition and substitution / M. Bentchikou, S. Bouriah, N. Hamdane, F. Debieb, O. Boukendakdji // Energy Procedia – №139. – 2017. – p. 499–504
12. Waste glass – a supplementary cementitious material / Lisa M. Federico // A thesis. – McMaster University Hamilton. – 2013. – p.97
13. A review report on comparative study of waste glass powder as pozzolanic material in concrete / Shyamji Gautam, Abhishek Kumar, Mohd. Afaque // International Research Journal of Engineering and Technology. – 2016. – Vol.03. – p.500-503
14. Concrete with Waste Glass as Aggregate, Recycling and Reuse of Glass Cullet / C Meyer, N Egosi, C Andela // Proceedings of the International Symposium Concrete Technology Unit of ASCE and University of Dundee – 2001.
15. ASR of mortars containing glass / D. Serpa, A. Santos Silva J. de Brito, J. Pontes, D. Soares // Construction and Building Materials. – №47. – 2013. – p. 489-295.
16. The suitability for using glass and fly ash in Portland cement concrete / Tuncan, M, Karasu, B & Yalcin, M., // Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference – 2001. – p. 146-152.
17. Recycling of waste glass as a partial replacement for fine aggregate in concrete / Ismail, & Al-Hashmi, EA // Waste Management. – Vol. 29. – 2009. – p. 655-659.
18. Concrete with recycled glass as fine aggregates / Du, H, Tan, KH // ACI Mater. J, 111–M05 – 2014 – p. 47–58.
19. Studies on mechanical properties of concrete containing waste glass aggregate / Park, SB, Lee, BC & Kim, JH. // Cement and Concrete Research – Vol. 34. – № 12. – 2004. – p. 2181-2189.
20. Recycled glass as a partial replacement for fine aggregate in structural concrete – Effects on compressive strength / M. Adaway, Y. Wang // Electronic Journal of Structural Engineering – Vol 14. – №1 – p.116-122.
21. Effect of Association Natural-Recycling Aggregates (Crushed Glass and Waste Tire) on Mechanical Properties of the Concrete / Mamery Adama Serifou, Olivier Moro Boffoué, Paul Sery Obre Jolissaint, Clement Koffi Kouadio, Edjikémé Emeruwa // International Journal of Materials Science and Applications – Vol. 6, № 1. – 2017. – p. 28-31
22. The Use of Waste Glass as a Partial Substitution for Fine Aggregate in Concrete Design / Haider Ammash, Ali Nahhab, Muhammed S Muhammed // Al-Qadisiya Journal For Engineering Sciences – Vol. 2. – 2009.
23. Concrete with Recycled Glass as Fine Aggregates / Kiang Hwee Tan, Hongjian Du // Journal of Advanced Concrete Technology – Vol.12 – №11 – 2014 – p.468-477
24. Use of Waste Glass as Coarse Aggregate in Concrete: A Possibility towards Sustainable Building Construction T. S. Sernibat, M. N. N. Khan, M. F. M. Zain // International Journal of Civil and Environmental Engineering – Vol.8. – №:10. – 2014. – p.1075-1078.
25. Effect of Using Windows Waste Glass as Coarse Aggregate on some Properties of Concrete / Abdelmaseeh Bakos Keryou, Gailan Jibrael Ibrahim // Engineer & Technology. Journal – Vol.32. – №6. – 2014. – p.1519-1529
26. Research of Alkali Silica Reaction in Concrete With Active Mineral Additives / Audrius Grinys, Vytautas Bocullo, Algirdas Gumiliauskas // Journal of sustainable architecture and civil engineering – Vol. 6 – №1. – 2014. – p. 34-41.