

Перспективы использования вспененного модифицированного перлита для получения новых композиционных материалов

Ю.М. Бережной, О.Н. Романова, Е.Н. Бессарабов, А.А. Севостьянова

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени

М.И. Платова

Аннотация: В статье рассмотрены характеристики гидрофобного вспученного перлита и методы его исследования. Описана перспектива использования вспученного перлита в различных отраслях промышленности. Показаны возможности применения данных материалов в практическом использовании.

Ключевые слова: композиционные материалы, энергосбережение, модификация перлита, гидрофобный перлит, методы улучшения свойств.

Перлит - это минерал из вулканического стекла, который широко встречается в вулканических породах. Когда перлитная руда обрабатывается и нагревается (более 870 °С) в подходящих условиях, она увеличивается до 30 раз по сравнению с первоначальным объемом и становится пористой [1]. После этого физического преобразования, его цвет превращается из серого в белый. Перлит обладает уникальными характеристиками: легкий, стерильный, изолирующий и огнестойкий, что позволяет значительно расширить область применения, включая строительство, фильтрацию, садоводство и изоляцию [2,3]. Как пример, перлит является негорючим, и поэтому его можно использовать при производстве огнеупорных строительных материалов. Наличие расширенного перлита в бетоне или растворе улучшает теплоизоляцию в зданиях из-за очень высокой пористости [4-6]. Из-за чрезвычайно низкой плотности вспученный перлит можно также использовать в легком заполнителе бетона [7,8]. Кроме того, расширенный перлит химически инертен, что делает его экологически чистым и безопасным. Благодаря высокой водопоглощающей способности он используется в садоводстве в качестве кондиционера почвы [9].

Области использования этого материала могут быть расширены, а его эксплуатационные свойства значительно улучшены за счет снижения его водопоглощения, достигающего при контакте вспученного перлита с водой 700 - 1000 вес.%. Даже незначительное увлажнение вспученного перлита резко снижает его теплозащитные и диэлектрические свойства.

Проблемой улучшения эксплуатационных свойств вспученного перлита и придания ему новых качеств обработкой кремнеорганическими гидрофобизаторами, а также разработкой технологии производства гидрофобного вспученного перлита в течение многих лет занимались кафедры химической технологии силикатов.

Авторами [10] установлено, что гидрофобизация вспученного перлита кремнеорганическими соединениями полностью устраняет капиллярный подсос, сводит до минимума водопоглощение при контакте с водой и практически не влияет на сорбцию воды из воздуха.

Экспериментальные исследования показали, что обработка вспученного перлита различными типами кремнеорганических гидрофобизаторов позволяет регулировать его физико-технические, химические, а следовательно, и эксплуатационные свойства.

Это всего лишь несколько примеров, когда вскрытые частицы перлита оказываются полезными в широком спектре применений в различных областях. Очевидно, что поверхностные свойства частиц играют решающую роль в определении общей функции и производительности конечного продукта. Например, высокое содержание воды в расширенном перлите нежелательно при использовании материала в областях, требующих тепло- и звукоизоляции, поскольку хорошо известно, что содержание влаги в материале увеличивает коэффициенты передачи тепла и звука [11]. Более того, такое высокое содержание влаги в конечной структуре может привести к физическим повреждениям [12].

Это требует исследования различных вариантов модификации или функционализации поверхностей частиц перлита оптимальным методом. В работе [13] описаны исследования по модификации поверхности вспененного перлита. Они состоят в том, чтобы сделать поверхности перлита гидрофобными методом инкапсулирования, а именно, с помощью вращающегося реактора в котором происходит плазмо-химическое осаждение из паровой фазы с вращающимся слоем. Таким образом, этот модифицированный расширенный перлит может быть более эффективным изоляционным материалом и может быть расширен потенциал применения данного материала. Получение гидрофобного перлита возможно двумя методами путем химической модификации поверхности или снижения шероховатости его поверхности. К химическим методам модификации поверхности перлитового порошка можно отнести нанесение покрытия на частицы.

Чтобы получить достаточную гидрофобность материала авторы исследования [14] предлагают покрывать частицы тонким слоем полимера с низкой поверхностной энергией, таким как фторопласт. Такой метод для покрытия или инкапсулирования частиц, основан на нанесении раствора полимерного покрытия на поверхность частиц с последующим удалением растворителя. Другой метод на основе раствора, радикальная полимеризация с переносом атомов также успешно применялся для покрытия полимера на поверхности многослойных углеродных нанотрубок [15], микросфер [16] и наночастиц [17]. Однако очень трудно равномерно покрывать частицы без агломерации методами основанными на обработке поверхностей растворами стабилизаторов, особенно для частиц размером менее 100 мкм [18].

Еще один интересный метод был предложен авторами [19] этот метод модификации перлитового порошка заключается в пропитке парафинами пористых гранул вспененного перлита, образующего гидрофобное покрытие.

В опубликованных исследованиях, полученные методом вакуумной пропитки, показали более высокую абсорбционную способность, чем полученные методом прямой пропитки.

Использование гидрофобных порошков с парафиновым покрытием позволило добиться отличных результатов предотвращая контакт частиц перлита с водой тем самым повышая энергоэффективность применяемых порошков для производства строительных композиций.

Проблемой улучшения эксплуатационных свойств вспученного перлита и придания ему новых качеств обработкой кремнеорганическими гидрофобизаторами, а также разработкой технологии производства гидрофобного вспученного перлита в течение многих лет занимались в нашей стране.

Авторами [20] исследования установлено, что гидрофобизация вспученного перлита кремнеорганическими соединениями полностью устраняет капиллярный подсос, сводит до минимума водопоглощение при контакте с водой и практически не влияет на сорбцию воды из воздуха.

Экспериментальные исследования показали, что обработка вспученного перлита различными типами кремнеорганических гидрофобизаторов позволяет регулировать его физико-технические, химические, а следовательно, и эксплуатационные свойства.

Выводы

Области использования материалов с использованием в качестве наполнителя вспененного перлита могут быть расширены, а его

эксплуатационные свойства значительно улучшены за счет снижения его водопоглощения, достигающего при контакте вспученного перлита с водой 700 - 1000 вес. %. Даже незначительное увлажнение вспученного перлита резко снижает его теплозащитные и диэлектрические свойства.

Литература

1. S. Chandra, L. Berntsson, *Lightweight Aggregate Concrete*, Noyes Publications/William Andrew Publishing, New York, 2002. 404 p.
2. R. Demirboga, I. Orung, R. Gul, Effect of expanded perlite aggregate and mineral admixtures on the compressive strength of low-density concretes, *Cem. Concr. Res.* 31 (2001) pp.1627–1632.
3. I.B. Topçu, Semi-lightweight concretes produced by volcanic slags, *Cem. Concr. Res.* 27 (1997) pp.15–21.
4. I.B. Topcu, B. Isikdag, Manufacture of high heat conductivity resistant clay bricks containing perlite, *Build. Environ.* 42 (2007) pp. 3540–3546.
5. W. Pichor, A. Janiec, Thermal stability of expanded perlite modified by mullite, *J.Ceram. Int.* 35 (1) (2009) pp. 527–530.
6. R. Demirboga, R. Gul, Thermal conductivity and compressive strength of expanded perlite aggregate concrete with mineral admixtures, *Energy Build.* 35 (11) (2003) pp. 1155–1159.
7. M. Singh, M. Garg, Perlite-based building materials—a review of current applications, *Constr. Build. Mater.* 5 (2) (1991) pp. 75–81.
8. E. Yasar, C.D. Atis, A. Kilic, H. Gulsen, Strength properties of lightweight concrete made with basaltic pumice and fly ash, *Mater. Lett.* 57 (2003) pp. 2267– 2270.
9. T.M. Morrison, D.C. McDonald, J.A. Sutton, Plant growth in expanded perlite, *N.Z. J. Agric. Res.* 3 (3) (1960) pp. 592–597.

10. А.Л. Пащенко, М.Г. Воронков, А.А. Крупа, В.А. Соидерский. Грофобный вспученный перлит. Наукова думка 1977. 205с.
 11. Х.А. Хежев, Т.А. Хежев, У.З. Кимов, К.Х. Думанов, Огнезащитные и жаростойкие композиты с применением вулканических горных пород // Инженерный вестник Дона 2011, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/710
 12. Memon SA. Phase change materials integrated in building walls: a state of the art review. *Renew Sustain Energy Rev* 2014; pp. 870–906
 13. M. Gürsoya, M. Karaman. Hydrophobic coating of expanded perlite particles by plasma polymerization. *Chemical Engineering Journal* 284 (2016) pp. 343–350
 14. S.R. Coulson, I.S. Woodward, S.A. Brewer, C. Willis, J.P.S. Badyal, Ultralow surface energy plasma energy plasma films, *Chem. Mater.* 12 (7) (2000) pp. 2031–2038.
 15. A. Ince, G. Bayramoglu, B. Karagoz, B. Altintas, N. Bicak, M.Y. Arica, A method for fabrication of polyaniline coated polymer microspheres and its application for cellulase immobilization, *Chem. Eng. J.* 189 (2012) pp. 404–412.
 16. G. Jia, Z. Cao, H. Xue, Y. Xu, S. Jiang, Novel zwitterionic-polymer-coated silica nanoparticles, *Langmuir* 25 (5) (2009) pp. 3196–3199.
 17. Y. Zhou, S. Wang, B. Ding, Z. Yang, Modification of magnetite nanoparticles via surface-initiated atom transfer radical polymerization (ATRP), *Chem. Eng. J.* 138 (2008) pp. 578–585.
 18. Бережной Ю.М., Липкин В.М., Скориков А.В., Дерлугян П.Д., Шишка В.Г., Данюшина Г.А., Липкин С.М. Влияние ультрадисперсных порошков меди, стабилизированных водорастворимыми полимерами, на свойства композиционных материалов // Инженерный вестник Дона, 2015, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3209
-



- 19.S. Ramakrishnan, J. Sanjayan, X. Wang, M. Alam, J. Wilson. A novel paraffin/expanded perlite composite phase change material for prevention of PCM leakage in cementitious composites. *Applied Energy* 157 (2015) pp. 85–94
- 20.Крупа А. А., Свидерский В. А., Кравченко Н. В. Гидрофобизация вспученного перлитового песка. — Реф. информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР, 1974, вып. 15, с. 20—22.

References

1. S. Chandra, L. Berntsson, *Lightweight Aggregate Concrete*, Noyes Publications. William Andrew Publishing, New York, 2002. 404p.
2. R. Demirboga, I. Orung, R. Gul, *Cem. Concr. Res.* 31 (2001) pp. 1627–1632.
3. I.B. Topçu, *Cem. Concr. Res.* 27 (1997) pp. 15–21.
4. I.B. Topcu, B. Isikdag, *Build. Environ.* 42 (2007) pp. 3540–3546.
5. W. Pichor, A. Janiec, *J.Ceram. Int.* 35 (1) (2009) pp. 527–530.
6. R. Demirboga, R. Gul, *Energy Build.* 35 (11) (2003) pp. 1155–1159.
7. M. Singh, M. Garg, *Constr. Build. Mater.* 5 (2) (1991) pp. 75–81.
8. E. Yasar, C.D. Atis, A. Kilic, H. Gulsen, *Mater. Lett.* 57 (2003) pp. 2267–2270.
9. T.M. Morrison, D.C. McDonald, J.A. N.Z. *J. Agric. Res.* 3 (3) (1960) pp. 592–597.
- 10.A.L. Paschenko M.G. Voronkov A.A. Krupa V.A. Soiderskii. *Grofobnii vspuchennii perlit [Hydrophobic expanded perlite]*. Naukova dumka 1977. 205 p.
- 11.Н.А. Hejev Т.А. Hejev U.Z. Kimov К.Н. *Inženernyj vestnik Dona (Rus)*, 2011. №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/710
- 12.Memon SA. *Renew Sustain Energy Rev* 2014; pp. 870–906



13. M. Gürsoya, M. Karaman. *Chemical Engineering Journal* 284 (2016) pp. 343–350
14. S.R. Coulson, I.S. Woodward, S.A. Brewer, C. Willis, J.P.S. Badyal, *Chem. Mater.* 12 (7) (2000) pp. 2031–2038.
15. A. Ince, G. Bayramoglu, B. Karagoz, B. Altintas, N. Bicak, M.Y. Arica, *Chem. Eng. J.* 189 (2012) pp. 404–412.
16. G. Jia, Z. Cao, H. Xue, Y. Xu, S. Jiang, *Langmuir* 25 (5) (2009) pp. 3196–3199.
17. Y. Zhou, S. Wang, B. Ding, Z. Yang, *Chem. Eng. J.* 138 (2008) pp. 578–585.
18. Bereznoy YU.M., Lipkin V.M., Skorikov A.V., Derlugyan P.D., Shishka V.G., Danyushina G.A., Lipkin S.M. *Inženernyj vestnik Dona (Rus)*, 2015, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3209
19. S. Ramakrishnan, J. Sanjayan, X. Wang, M. Alam, J. Wilson. *Applied Energy* 157 (2015) pp. 85–94.
20. Krupa A. A., Sviderskij V. A., Kravchenko N. V. *Ref. informaciya o zakonchennyh nauchno-issledovatel'skih rabotah v vuzah USSR*, 1974, vyp. 15, pp. 20—22.