



## Исследование микроструктурных и термических характеристик модифицированных наночастицами кремнезема цементных растворов после воздействия высоких температур. Часть II

П. Сикора 

Западно-Поморский технологический университет, Щецин, Польша;  
Технический университет, Берлин, Германия

**Контакты:** e-mail: pawel.sikora@zut.edu.pl

**РЕЗЮМЕ:** В данной работе представлено исследование влияния высокой температуры на термические и микроструктурные свойства цементных растворов, модифицированных нанокремнеземом. На первом этапе исследования было проведено сравнение влияния нанокремнезема (НС) и диоксида кремния (СФ) на гидратацию и прочность на сжатие цементных композитов. На втором этапе были получены четыре различных вида цементных растворов, содержащих оптимальную дозировку НС. Два из них содержали обычный весовой агрегат (кварц или известняк), в то время как два содержали тяжелый весовой агрегат (барит или магнетит). Образцы без NS были произведены для целей контроля. Образцы подвергались воздействию температур 300, 450, 600 и 800°C, а их постнагревательные свойства – включая теплопроводность, удельную теплоемкость, поглощение растворителя и поведение при растрескивании – анализировались. Полученные результаты показывают, что NS проявляет значительно более высокую реакционную способность с цементом, чем SF. NS ускоряет процесс гидратации цемента и вносит более значительный вклад в 28- и 365-дневную прочность раствора на сжатие по сравнению с SF. Включение NS в композит существенно уменьшает количество СН в смеси и приводит к образованию дополнительной гелевой фазы С–S–Н, что улучшает микроструктуру. Исследование также показывает, что НС способствует снижению теплопроводности и плотности раствора как до, так и после нагрева. Включение НС оказывает благоприятное влияние на снижение скорости изнашивания растворов после нагрева, снижая скорость поглощения и количество трещин в них.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** цементный раствор, нанокремнезем, повышенная температура, термические свойства, растрескивание.

**БЛАГОДАРНОСТИ:** При поддержке Фонда польской науки (FNP).

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Сикора П. Исследование микроструктурных и термических характеристик модифицированных наночастицами кремнезема цементных растворов после воздействия высоких температур. Часть II // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 3. – С. 147–154. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-3-147-154.

*Часть I статьи П. Сикоры «Исследование микроструктурных и термических характеристик модифицированных наночастицами кремнезема цементных растворов после воздействия высоких температур» опубликована в журнале «Нанотехнологии в строительстве» 2020, Том 12, № 2.*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

24. Kumar R., Singh S., Singh L.P. Studies on enhanced thermally stable high strength concrete incorporating silica nanoparticles. Construction and Building Materials. 2017, vol. 153, pp. 506–513. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.07.057.
25. Naus D.J. A compilation of elevated temperature concrete material property data and information for use in assessments of nuclear power plant reinforced concrete structures. (NUREG/CR-7031). United States Nuclear Regulatory Commission, 2010.
26. Xing Z., Beaucour A-L., Hebert R., Noumowé A., Ledésert B. Influence of the nature of aggregates on the behaviour of concrete subjected to elevated temperature. Cement and Concrete Research. 2011, vol. 41, pp. 392–402. DOI: 10.1016/j.cemconres.2011.01.005.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

27. Grosu Y., Faik A., Ortega-Fernández I., D'Aguanno B. Natural Magnetite for thermal energy storage: Excellent thermo-physical properties, reversible latent heat transition and controlled thermal conductivity. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 2017, vol. 161, pp. 170–176. DOI: [10.1016/j.solmat.2016.12.006](https://doi.org/10.1016/j.solmat.2016.12.006).
28. Kodur V. Properties of concrete at elevated temperatures. *ISRN Civil Engineering*. 2014, pp. 1–15. DOI: [10.1155/2014/468510](https://doi.org/10.1155/2014/468510).
29. Xu Y., Chung D.D.L. Cement of high specific heat and high thermal conductivity, obtained by using silane and silica fume as admixtures. *Cement and Concrete Research*. 2000, vol. 30, no. 7, pp. 1175–1178. DOI: [10.1016/S0008-8846\(00\)00296-9](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00296-9).
30. Tufail M., Shahzada K., Gencturk B., Wei J. Effect of elevated temperature on mechanical properties of limestone, quartzite and granite concrete. *International Journal of Concrete Structures and Materials*. 2017, vol. 11, no. 1, pp. 17–28. DOI: [10.1007/s40069-016-0175-2](https://doi.org/10.1007/s40069-016-0175-2).
31. Horszczaruk E., Sikora P., Cendrowski K., Mijowska E. The effect of elevated temperature on the properties of cement mortars containing nanosilica and heavyweight aggregates. *Construction and Building Materials*. 2017, vol. 137, pp. 420–431. DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2017.02.003](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.02.003).
32. Torić N., Boko I., Juradin S., Baloević G. Mechanical properties of lightweight concrete after fire exposure. *Structural Concrete*. 2016, vol. 17, no. 6, pp. 1071–1081. DOI: [10.1002/suco.201500145](https://doi.org/10.1002/suco.201500145).
33. Torić N., Boko I., Peros B. Reduction of postfire properties of high-strength concrete. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2013, vol. 712953. DOI: [10.1155/2013/712953](https://doi.org/10.1155/2013/712953).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Сикора Павел**, канд. тех. наук, доцент кафедры строительной инженерии факультета гражданского строительства и архитектуры Западно-Поморского технологического университета, Щецин, Польша; магистр-исследователь в области строительных материалов и строительной химии, технический университет Берлина, Берлин, Германия; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1092-1359>; e-mail: [pawel.sikora@zut.edu.pl](mailto:pawel.sikora@zut.edu.pl)

**Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.**

*Статья поступила в редакцию: 15.03.2020.*

*Статья поступила в редакцию после рецензирования: 10.04.2020.*

*Статья принята к публикации: 10.04.2020.*