

УДК 69

КАРПОВ Алексей Иванович, канд. техн. наук, референт, Международная инженерная академия: 125009, Российская Федерация, Москва, Газетный пер., 9, стр. 4; e-mail: info@nanobuild.ru



## РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ – АКТУАЛЬНЕЙШАЯ ЗАДАЧА УЧЕНЫХ И ИНЖЕНЕРОВ. Часть 5

С целью популяризации научных достижений в реферативной форме приводятся основные результаты исследований российских ученых. По направлению «Структурообразование и технология композитов общестроительного и специального назначения на основе малоиспользуемых отходов металлургии» определен строительно-технологический потенциал малоиспользуемых отходов металлургии на основе метода тестирования, диагностики и идентификации техногенных материалов по признакам структурообразующей роли в системах твердения и композитах, что послужило основой формирования территориально-промышленного комплекса региона с развитой металлургической промышленностью. Получены системы твердения оптимального состава путем совместного помола конвертерных шлаков экономически обоснованной удельной площадью поверхности  $300 \text{ м}^2/\text{кг}$  с суперпластификаторами и нанодисперсными минеральными добавками, за счет чего снизилась межзерновая пустотность частиц вяжущего, повысились реакционная способность частиц шлака и в значительной мере – прочность.

Публикуемые материалы могут быть использованы специалистами в научной и практической деятельности.

**Ключевые слова:** микро- и нанодисперсные отходы металлургии, структурообразование и технология композитов, нанодисперсные минеральные добавки.

## Актуальность

Проблема строительно-технологической утилизации техногенных отходов, несмотря на осуществленные научные и инженерные разработки, до сих пор не решена. Неиспользуемые отходы оказываются источниками загрязнения экосистем. Это приводит к закономерному ухудшению качества жизни и параметров биосферно-совместимой безопасной среды обитания человека. Ситуация осложняется тем, что в обозримом будущем не существует предпосылок для существенного сокращения образования отходов. Так, на отечественных металлургических предприятиях для производства 1 т стали как целевого продукта в технологический процесс вовлекается до 10 т природных ресурсов. В результате металлургическое производство сопровождается образованием различных крупнотоннажных отходов [1].

При утилизации отходов металлургии в поле зрения ученых и инженеров оказалась лишь часть их. В большинстве случаев разработки касались доменных гранулированных шлаков, которые достаточно полно вовлечены в производство строительных материалов и изделий. За пределами рассмотрения оказались такие грубо-, микро- и нанодисперсные отходы, как конвертерные шлаки, металлургические шламы, пыли и другие твердые побочные технологические продукты, являющиеся потенциально полезными для использования их в стройиндустрии.

При решении проблемы утилизации ставятся 2 взаимосвязанные задачи: предотвращение негативного воздействия отходов на окружающую среду и обеспечение стройиндустрии и промышленности по производству строительных материалов и изделий вторичным сырьем.

Цель исследования – разработка технологических и технических решений по комплексной утилизации малоиспользуемых металлургических отходов в стройиндустрии на основе научных концепций и за-

кономерностей структурообразования систем твердения и композиционных материалов.

Все разновидности отходов металлургии проходят определенные генезисные агрегатные, фазовые и вещественные преобразования при получении целевого продукта. Отходы, отличаясь химическим, минеральным, морфологическим составом и термодинамическим состоянием, являются носителями определенных, в том числе специфических характеристик и свойств. И именно это делает их потенциально интересными для формирования систем твердения и структур композитов общестроительного и функционального назначения.

### Научная новизна

1. Определен строительно-технологический потенциал малоиспользуемых отходов металлургии на основе метода тестирования, диагностики и идентификации техногенных материалов по признакам структурообразующей роли в системах твердения и композитах, что послужило основой формирования территориально-промышленного комплекса региона с развитой металлургической промышленностью.

2. Развита теоретические представления о механизмах участия техногенных продуктов в структурообразовании систем твердения и строительных композитов. Выявлены отходы, обладающие самостоятельной активностью (конвертерные шлаки и т.п.), высокой огнеупорностью (до 1850°C) и содержащие до 18% тонкодисперсных металлических составляющих, являющиеся техногенными песками и щебнем.

3. Установлено, что для комплексного использования отходы металлургии должны быть переработаны с учетом их структурообразующей роли в строительных композитах (например, предлагаемая система пневмосепарации конвертерных шлаков позволяет использовать их металлическую часть в полимерных герметиках, а тонкодисперсную силикатную составляющую – в системах твердения строительных материалов).

4. Установлено, что самостоятельная активность конвертерных шлаков (не превышающая 9 МПа) реализуется за счет баланса кислотных и щелочных оксидов, а также в результате взаимодействия с водой активных составляющих шлака – двухкальциевого силиката ( $\beta$ -модификации – ларнита) и четырехкальциевого алюмоферрита. Раз-

работаны оптимальные составы матричных компонентов строительных композитов с учетом настоящего уровня переработки отходов и потенциально возможного в будущем на основе анализа свойств, проявленных системами твердения разного уровня.

5. Для активации конвертерных шлаков, относящихся к основным (модуль основности достигает 2,8), может быть эффективно использована его механохимическая обработка совместно с аспирационной пылью ферросплавного производства, имеющей коэффициент основности 0,1.

6. Получены системы твердения оптимального состава путем совместного помола конвертерных шлаков экономически обоснованной удельной площадью поверхности  $300 \text{ м}^2/\text{кг}$  с суперпластификаторами и нанодисперсными минеральными добавками. В результате снижается межзерновая пустотность частиц вяжущего, повышается реакционная способность частиц шлака, что приводит к значительному повышению прочности.

7. Получены системы твердения на основе конвертерных шлаков, прочность при сжатии которых достигает 50 МПа за счет комплекса современных методов и приемов физико-химической активации. При этом оптимизация составов систем твердения, целенаправленное формирование структур (с анализом количественного и морфологического состава новообразований, а также характера пористости) и управление технологическими параметрами позволило получить матрицы, обладающие огнеупорностью до  $1800^\circ\text{C}$  и герметизирующими свойствами.

Установлена эффективность наполнения и модифицирования цементных вяжущих тонкодисперсными конвертерными шлаками и нанодисперсными пылями ферросплавного производства, заключающаяся в возможности замены цемента в составе композиционного вяжущего до 80%, обеспечении более глубокого взаимодействия компонентов с гидроксидом кальция, выделяющимся при гидратации клинкерных минералов цемента, повышения эксплуатационных характеристик.

8. Реализована возможность использования отвальных конвертерных шлаков при возведении насыпей и оснований дорог. Установлена возможность интенсификации процессов структурообразования и улучшения свойств асфальтобетонных композиций за счет применения в их составах конвертерных шлаков. Подтверждена возможность получения плотных и долговечных асфальтобетонов на пористых шла-

ковых заполнителях с использованием в качестве минерального порошка отходов металлургии.

9. Обоснованы критерии эффективности материалов и изделий на основе отходов металлургии, учитывающие не только функциональную эффективность, но и экономическую, экологическую и социальную значимость разработок.

Практическая значимость и реализация работы определяется возможностями решения прикладных задач материаловедения и технологии строительных материалов, изделий и конструкций на основе шлаков и других отходов металлургического производства. Результаты исследований позволили:

- предложить составы строительных композитов общестроительного назначения на основе конвертерных шлаков, других ультрадисперсных (металлургических пылей и шламов) и зернистых отходов металлургии для сухих строительных смесей, цементных мелкозернистых бетонов, а также силикатных материалов;
- разработать композиты специального назначения на основе отходов (жаростойкие цементные бетоны на основе тонкомолотых добавок из доменных шлаков, шамота и гидрата глинозема с использованием в качестве заполнителей шлаковой пемзы и отходов огнеупорного производства; герметизирующих магнитных композиций с использованием конвертерного шлака в качестве ферромагнитного наполнителя);
- обосновать технологию использования конвертерных шлаков в насыпях и основаниях для автомобильных дорог и в составах асфальтобетонов с разработкой Рекомендаций по технологии применения конвертерных шлаков в элементах конструкций дорожных одежд из асфальтобетона;
- разработать Технологический регламент по производству изделий и конструкций из жаростойкого бетона.

Результаты исследований внедрены на предприятиях металлургической промышленности (ОАО «Новолипецкий МК») и предприятиях стройиндустрии Липецкого региона (ОАО «Завод Железобетон», ООО «Техно-Серик», ОАО «Липецкий комбинат силикатных изделий», ООО «Автобан-Липецк») и используются в учебном процессе.



## Апробация работы

Результаты проведенной работы представлены и обсуждены на V, XV Академических чтениях РААСН (Воронеж, 1999; Казань, 2010); V Международной научно-технической конференции «Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов» (Волгоград, 2005); Международной научно-практической конференции «Оценка риска и безопасность строительных конструкций» (Воронеж, 2006); Международной научно-технической конференции «Эффективные строительные конструкции: теория и практика» (Пенза, 2008); Международном конгрессе «Наука и инновации в строительстве» (Воронеж, 2008); Международной научно-практической конференции «Эффективные конструкции, материалы и технологии в строительстве и архитектуре» (Липецк, 2007); Международной научно-технической конференции «ДОР-СМ: материалы для дорожного строительства» (Москва, 2009), Международной научно-технической конференции «Создание среды жизнедеятельности биосферно-совместимой и развивающей человека» (Орел, 2009); Международной научно-технической конференции «Наука и образование: архитектура, градостроительство и строительство» (Волгоград, 2010); ежегодных научно-практических конференциях ВГАСУ и ЛГТУ (2000–2011) и др.

## Публикации

Содержание диссертации опубликовано в 54 научных статьях и 5 монографиях, в том числе из них 12 статей – в ведущих рецензируемых изданиях, получено 2 патента.

Достоверность научных результатов обеспечивается концептуально-методологически и методически обоснованным комплексом системных исследований с помощью механизмов и по существу процессов структурообразования; корректной постановкой экспериментальных исследований; статистической обработкой с заданными вероятностью и необходимым количеством повторных испытаний; сопоставлением результатов, полученных разными методами.

**Редакция Интернет-журнала «Нанотехнологии в строительстве» предлагает кандидатам и докторам наук публиковать результаты своих исследований по тематике издания [2] на страницах нашего журнала.**

***Библиографический список:***

1. *Гончарова М.А.* Структурообразование и технология композитов общестроительного и специального назначения на основе малоиспользуемых отходов металлургии: дис. д-ра техн. наук. – Электронная библиотека диссертаций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dslib.net> (дата обращения: 24.09.2013).
2. *Гусев Б.В.* Развитие нанотехнологий – актуальнейшее технологическое направление в строительной отрасли // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. – М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2011. – Т. 3, № 2. – С. 6–20. URL: [http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild\\_2\\_2011.pdf](http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2011.pdf) (дата обращения: 24.09.2013).

**Уважаемые коллеги!**

**При использовании материала данной статьи просим делать библиографическую ссылку на неё:**

*Карпов А.И.* Развитие нанотехнологий в строительстве – актуальнейшая задача ученых и инженеров. Часть 5 // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2013, Том 5, № 5. С. 40–48. URL: [http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild\\_5\\_2013.pdf](http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_5_2013.pdf) (дата обращения: \_\_ \_\_ \_\_ \_\_).

**Контакты**

**e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)**

УДК 69

**KARPOV Alexey Ivanovich**, Ph.D. in Engineering, referent, International Academy of Engineering: 125009, Russian Federation: Moscow, Gazetny str., 9, bld. 4; e-mail: info@nanobuild.ru



## **DEVELOPMENT OF NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION – A TASK WHICH IS OF GREAT IMPORTANCE FOR SCIENTISTS AND ENGINEERS. Part 5**

To popularize nanoindustrial subjects in construction, to increase consumers' confidence to nanotechnological products, the main results of Russian scientists' research are published as the abstract. Within the line of investigation «Structuring and technology of composites of common and special purposes based on metallurgic underutilized wastes» construction and technological potential of metallurgic underutilized wastes was determined through the test, detection and identification of technogenic materials on the basis of structuring role in the curing systems and composites, that became the ground for forming regional geographically-industrial complex with developed metallurgic industry; the curing systems of optimal compositions were produced through joint grind of converter slag which specific surface area is 300 square meters per kg. with superplasticizers and nanodispersed mineral additives. This provides decreasing of binder interparticle voids and increasing the slag particle reactivity, that causes strength increase.

Specialists can use published materials in their scientific and practical activities.

**Key-words:** micro- и nanodispersed metallurgic wastes, structuring and technology of composite, nanodispersed mineral additives.



**References:**

1. *Goncharova M.A.* Strukturnoobrazovanie i tehnologija kompozitov obshhestroitel'nogo i special'nogo naznachenija na osnove maloispol'zuemyh othodov metallurgii. Dokt. Diss. [Structuring and technology of composites of common and special purposes based on underutilized metallurgic wastes. Dokt. Diss.]. Abstract of Ph.D. thesis. Electronic library of theses [electronic resource]. Available: <http://www.dslib.net> (Accessed 24 September 2013).
2. *Gusev B.V.* Development of nanotechnologies – the most important technological direction in construction. *Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal*, Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2011, Vol. 3, no. 2, pp. 6–20. Available at: [http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild\\_2\\_2013.pdf](http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2013.pdf) (Accessed 24 September 2013). (In Russian).

**Dear colleagues!****The reference to this paper has the following citation format:**

*Karpov A.I.* Development of nanotechnologies in construction – a task which is of great importance for scientists. *Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal*, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2013, Vol. 5, no. 5, pp. 40–48. Available at: [http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild\\_5\\_2013.pdf](http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_5_2013.pdf) (Accessed \_\_ \_\_\_\_). (In Russian).

**Contact information****e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)**