

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»МРНТИ 55.24.99
УДК 669.018.44DOI [10.53002/001](https://doi.org/10.53002/001)Г.А.Ульева¹, О.Монголхан²¹АО «Qarmet»²Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан

(E-mail: o.mongolkhan@tttu.edu.kz)

Обзор новых современных высокотемпературных материалов

С развитием технологий и требований к энергетической эффективности, высокотемпературные теплоизоляционные материалы становятся важным элементом для многих отраслей промышленности, включая металлургию, авиацию, космонавтику, химию и энергетику. В этих областях необходимы материалы, которые могут выдерживать экстремальные температуры, при этом обладая высокими теплоизоляционными характеристиками, долговечностью и устойчивостью к воздействию агрессивных факторов. Теплоизоляционные материалы являются ключевыми компонентами в строительстве и промышленности, играя важную роль в снижении теплопотерь, обеспечении комфорта и энергоэффективности зданий и инженерных сооружений. В последние годы увеличивается спрос на такие материалы, что обуславливает необходимость углубленных исследований для улучшения их свойств, а также разработки новых, более эффективных и экологичных решений. В этой статье рассмотрены основные типы современных теплоизоляционных материалов, их особенности, области применения и перспективы развития.

Ключевые слова: новые материалы, теплоизоляционные материалы, высокотемпературные материалы, теплоизоляция, композиционные материалы.

Введение

Теплоизоляционные материалы для высокотемпературных применений делятся на два основных типа: на основе органических и неорганических веществ.

Органические материалы. Органические теплоизоляционные материалы могут обладать высокой термостойкостью, но, как правило, они имеют ограниченный температурный диапазон, обычно до 300-400°C. Тем не менее, с развитием технологий органические полимеры, такие как высокотемпературные эпоксидные и фенольные смолы, начали находить применение в качестве теплоизоляции в условиях относительно низких температур [1].

Преимущества: Низкая стоимость, легкость в обработке, хорошие теплоизоляционные свойства при умеренных температурах.

Недостатки: Ограниченная термостойкость, горючесть и деградация при длительном воздействии высоких температур.

– **Неорганические материалы.** Неорганические теплоизоляционные материалы, напротив, способны выдерживать гораздо более высокие температуры (до 1500°C и выше), благодаря своей химической стабильности и термостойкости. К таким материалам относятся:

– **Керамика:** кислородсодержащие соединения, такие как оксиды, которые обладают высокой термостойкостью и химической стойкостью.

– **Минеральные волокна:** стекловата, базальтовая вата, вермикулит. Эти материалы хороши для утепления в низкотемпературных и среднетемпературных диапазонах, но также используются и в высокотемпературных областях.

– **Аэрогели:** наноструктурированные материалы, обладающие сверхнизкой плотностью и отличными теплоизоляционными характеристиками (Рисунок 1).

Преимущества: Высокая термостойкость, стойкость к химическим воздействиям, долговечность.

Недостатки: Высокая стоимость, хрупкость, сложность обработки и монтажа [2-4].

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

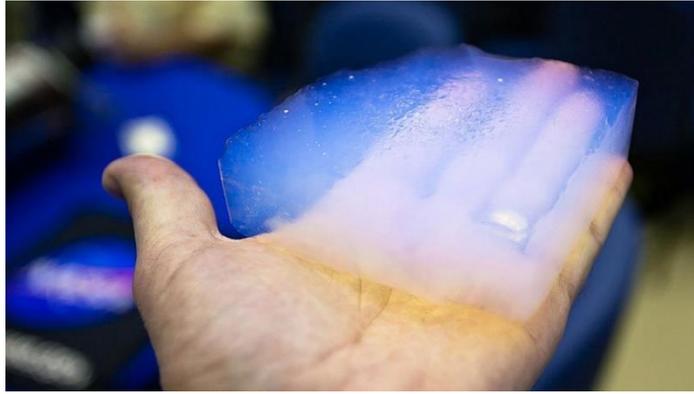


Рисунок 1 – Аэрогели: наноструктурированные материалы, обладающие сверхнизкой плотностью и отличными теплоизоляционными характеристиками

Аэрогель – прекрасный теплоизолятор, прозрачный прочный материал, который на 98% состоит из воздуха, а значит – почти полностью невесом. Производят его на основе диоксида кремния, глиноземов, оксидов олова или хрома. Аэрогель впервые был синтезирован еще в 1931 году американским химиком Стивеном Кистлером, а уже в 1990-х годах был создан аэрогель на основе углерода. Производство аэрогеля трудозатратное, но не очень сложное: сначала гель полимеризуют, потом с помощью спирта обезвоживают и высушивают в специальном аппарате с помощью углекислого газа. Из-за рекордно низкой плотности аэрогель выглядит как прозрачный голубоватый воздух [5].

Композитные материалы представляют собой гармоничное сочетание стекловолокна или углеродного волокна, которые проходят специальную обработку, и полиэфирных или эпоксидных смол. Изделия из углеродных полимерных композитов на основе эпоксидной смолы обладают невероятной прочностью, сравнимой со сталью. Однако их масса при этом значительно меньше – примерно в три раза.

Благодаря своим свойствам самовосстановления и устойчивости к высоким температурам (некоторые способны функционировать при температурах 200-250°C), композитные материалы находят широкое применение во всех сферах тяжёлой промышленности.

Разработкой таких материалов занимаются свыше десятка организаций. Например, учёные Кабардино-Балкарского государственного университета и ТулГУ (Тульского государственного университета) вывели формулу уникального композитного материала для промышленности и производства танков. Этот композит разработали на основе чистого полимера, в состав которого были введены различные добавки, позволяющие изменять его характеристики в соответствии с конкретными задачами (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Композит, разработанный на основе чистого полимера

Материал можно сделать жаростойким, ударопрочным, а также устойчивым к коррозии и другим внешним воздействиям [6]

Плиты, которые недавно были изобретены в Эстонии специалистами компании Skano Fibreboard, – изоплат – представляет собой натуральный теплоизоляционный материал (Рисунок 3).

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»



Рисунок 3 – Плиты, изобретенные в Эстонии специалистами компании Skano Fibreboard

Он выполнен из волокон деревьев хвойных пород, которые предварительно запаривают в горячей воде, затем спрессовывают в листы. Для придания влагостойкости плиты обрабатывают парафином. Изоплат также имеет высокую паропроницаемость, тепло- и звукоизоляцию, поэтому он может применяться для утепления кровли, напольного покрытия и стенового каркаса зданий. А его плотная волокнистая структура к тому же отличается пожаробезопасностью и устойчивостью к воздействию разнообразных вредителей, включая плесень и грибки [7].

Основные направления исследований в области теплоизоляционных материалов:

1. Улучшение теплоизоляционных свойств

Одной из главных задач является повышение теплоизоляционных свойств материалов, что позволяет снижать толщину теплоизоляции и улучшать энергоэффективность. Для этого разрабатываются новые материалы с улучшенными характеристиками, такие как аэрогели, которые обладают ультранизкой теплопроводностью [8].

2. Разработка устойчивых к воздействию влаги материалов

Многие традиционные теплоизоляционные материалы, такие как минеральная вата, со временем теряют свои свойства из-за водопоглощения. Одним из направлений является создание водоотталкивающих или водостойких материалов, которые сохраняют свои теплоизоляционные качества даже при длительном воздействии влаги [9].

3. Развитие экологически чистых материалов

С каждым годом все большее внимание уделяется экологическим аспектам при производстве теплоизоляционных материалов. Например, используются переработанные материалы, такие как целлюлоза, или растительные волокна, такие как джут, кокос и лен, которые не только являются безопасными для здоровья, но и не наносят вреда окружающей среде [10].

4. Устойчивость к экстремальным температурам

Некоторые материалы, такие как аэрогели и керамика, показывают отличные результаты в условиях высоких температур. Разработки в этой области направлены на создание еще более термостойких материалов, которые могут использоваться в условиях экстремальных температур, таких как в энергетике, металлургии, космонавтике.

Исследования в области теплоизоляционных материалов нацелены на решение множества важных задач, включая повышение энергоэффективности, снижение экологической нагрузки и увеличение срока службы материалов. Внедрение новых технологий, таких как наноматериалы и улучшенные синтетические и натуральные изоляционные материалы, способствует созданию более эффективных и безопасных решений для различных областей применения. В будущем можно ожидать появления еще более инновационных и экологичных материалов, которые будут отвечать современным требованиям в области строительства и промышленности [11, 12].

Выводы

Развитие новых материалов для высокотемпературных применений направлено на повышение эффективности и долговечности материалов, а также на снижение их стоимости. Внедрение таких материалов в промышленность, энергетику, авиастроение и другие области открывает новые перспективы для создания более эффективных и безопасных технологий, способных работать в

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

условиях экстремальных температур. Однако остается ряд задач, связанных с улучшением механических характеристик и снижением стоимости материалов, которые необходимо решить для широкого применения в промышленности.

Список литературы

- 1 Sari A., Uygunoglu T. Thermal insulation materials and their properties // Journal of Thermal Science and Technology. - №31(2). – 2011. – pp. 123-130.
- 2 Lee, S.J., Lee M.J. High-performance thermal insulation materials: Development and applications // Advanced Materials Research. - №600. – 2012. – pp. 197-202.
- 3 Kumar A., Sharma S. Mineral wool and ceramic-based insulation materials for high-temperature applications // Journal of Materials Science. - № 50(9). – 2015. – pp. 3193-3201.
- 4 Schwab W., Weber L. Aerogels as thermal insulators for extreme conditions // Journal of Applied Physics. - №121(1). – 2018. - e. 014702.
- 5 Сайт <https://design-mate.ru/read/an-experience/materials-of-future-that-you-can-use-today>. [Электронный ресурс]. Материалы будущего, которые ты можешь использовать сейчас. (дата обращения 01.02.2025).
- 6 Сайт <https://indpages.ru/materials/innovaczii-v-materialovedenii/>. [Электронный ресурс]. Инновации в материаловедении. (дата обращения 31.01.2025).
- 7 Сайт <https://gge.ru/press-center/news/top-10-noveyshikh-stroymaterialov-uglerodobeton-i-drugie-eksperimenty/>. [Электронный ресурс]. Топ-10 новейших стройматериалов. (дата обращения 31.01.2025).
- 8 Skripka A., Sinha S. Improving thermal insulation properties: Advances in aerogel-based materials // Journal of Thermal Science and Engineering Applications. - №11(5). – 2019. - e.051013.
- 9 Zhao X., Zhang X. Water-resistant insulation materials: Development and performance // Journal of Building Physics. - № 44(3). – 2021. – pp. 265-278.
- 10 Gupta R., Bhardwaj R. Eco-friendly thermal insulation materials: A review of sustainable options // Journal of Environmental Science and Technology. - № 54(2). – 2020. – pp. 149-162.
- 11 Chen X., Xu W. Development of high-temperature resistant insulation materials for industrial applications // International Journal of High Temperature Materials. - №21(8). – 2017. - pp. 1234-1245.
- 12 Jiang Y., Li J. Nanomaterials in thermal insulation: A new frontier // Nano Materials Science. - № 7(4). – 2018. – pp. 505-518.

Г.А.Ульева, О. Монголхан

Жаңа заманауи жоғары температуралы материалдарға шолу

Технологиялардың дамуы мен энергия тиімділігіне қойылатын талаптардың өсуімен жоғары температураға төзімді жылуизоляциялық материалдар металлургия, авиация, ғарыш саласы, химия және энергетика сияқты көптеген салалар үшін маңызды элементке айналууда. Бұл салаларда экстремалды температураларға төтеп бере алатын, сонымен қатар жоғары жылуизоляциялық сипаттамаларға, ұзақ қызмет мерзіміне және агрессивті факторлардың әсеріне тұрақтылыққа ие материалдар қажет. Жылуизоляциялық материалдар құрылыс және өнеркәсіп салаларында маңызды құрамдас бөліктер болып табылады, олар жылу шығындарын азайтуға, ғимараттар мен инженерлік құрылымдардың жайлылығын қамтамасыз етуге және энергия тиімділігін арттыруға маңызды рөл атқарады. Соңғы жылдары мұндай материалдарға сұраныс артып келеді, бұл олардың қасиеттерін жақсарту және жаңа, тиімдірек әрі экологиялық таза шешімдер әзірлеу қажеттілігін туындатады. Осы мақалада қазіргі заманғы жылуизоляциялық материалдардың негізгі түрлері, олардың ерекшеліктері, қолдану салалары және даму перспективалары қарастырылады.

Түйін сөздер сөздер: жаңа материалдар, жылуизоляциялық материалдар, жоғары температуралы материалдар, жылуизоляция, композициялық материалдар.

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

G.A. Ulyeva, O. Mongolkhan

Overview of New Modern High-Temperature Materials

With the development of technologies and the increasing demands for energy efficiency, high-temperature thermal insulation materials have become an important element for many industries, including metallurgy, aviation, space exploration, chemistry, and energy. In these fields, materials are needed that can withstand extreme temperatures while having high thermal insulation properties, durability, and resistance to aggressive environmental factors. Thermal insulation materials are key components in construction and industry, playing a significant role in reducing heat loss, ensuring comfort, and improving the energy efficiency of buildings and engineering structures. In recent years, the demand for such materials has increased, leading to the need for in-depth research to improve their properties and develop new, more effective, and eco-friendly solutions. This article discusses the main types of modern thermal insulation materials, their features, application areas, and development prospects.

Keywords: new materials, thermal insulation materials, high-temperature materials, thermal insulation, composite materials.

References

- 1 Sari A., Uygunoglu T. Thermal insulation materials and their properties // Journal of Thermal Science and Technology. - №31(2). – 2011. – pp. 123-130.
- 2 Lee, S.J., Lee M.J. High-performance thermal insulation materials: Development and applications // Advanced Materials Research. - №600. – 2012. – pp. 197-202.
- 3 Kumar A., Sharma S. Mineral wool and ceramic-based insulation materials for high-temperature applications // Journal of Materials Science. - № 50(9). – 2015. – pp. 3193-3201.
- 4 Schwab W., Weber L. Aerogels as thermal insulators for extreme conditions // Journal of Applied Physics. - №121(1). – 2018. - e. 014702.
- 5 Сайт <https://design-mate.ru/read/an-experience/materials-of-future-that-you-can-use-today>. [Электронный ресурс]. Материалы будущего, которые ты можешь использовать сейчас. (дата обращения 01.02.2025).
- 6 Сайт <https://indpages.ru/materials/innovaczii-v-materialovedenii/>. [Электронный ресурс]. Инновации в материаловедении. (дата обращения 31.01.2025).
- 7 Сайт <https://gge.ru/press-center/news/top-10-noveyshikh-stroymaterialov-uglerodobeton-i-drugie-eksperimenty/>. [Электронный ресурс]. Топ-10 новейших стройматериалов. (дата обращения 31.01.2025).
- 8 Skripka A., Sinha S. Improving thermal insulation properties: Advances in aerogel-based materials // Journal of Thermal Science and Engineering Applications. - №11(5). – 2019. - e.051013.
- 9 Zhao X., Zhang X. Water-resistant insulation materials: Development and performance // Journal of Building Physics. - № 44(3). – 2021. – pp. 265-278.
- 10 Gupta R., Bhardwaj R. Eco-friendly thermal insulation materials: A review of sustainable options // Journal of Environmental Science and Technology. - № 54(2). – 2020. – pp. 149-162.
- 11 Chen X., Xu W. Development of high-temperature resistant insulation materials for industrial applications // International Journal of High Temperature Materials. - №21(8). – 2017. - pp. 1234-1245.
- 12 Jiang Y., Li J. Nanomaterials in thermal insulation: A new frontier // Nano Materials Science. - № 7(4). – 2018. – pp. 505-518.