

*Веретенников С.Д. Исследование современных материалов на основе микросфер // Академия педагогических идей «Новация». – 2018. – №6 (июнь). – АРТ 259-эл. – 0,2 п. л. – URL: <http://akademnova.ru/page/875548>*

**РУБРИКА: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**УДК 678.075**

**Веретенников Сергей Дмитриевич**

Инженер-исследователь,

ООО «Металлстройконструкция»

г. Москва, Россия

[chief.nauk@yandex.ru](mailto:chief.nauk@yandex.ru)

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ  
МИКРОСФЕР**

*Аннотация:* В данной статье авторы рассматривают материалы на основе полых и углеродных сфер, в процессе сравнительного анализа свойств и характеристик данных материалов авторами выделены основные аспекты и механизмы их использования.

*Ключевые слова:* углерод, микросфера, плотность, наполнитель, удельная прочность, полые микросферы.

**Veretennikov Sergey Dmitrievich**

Engineer-researcher,

LLC "Metallstroykonstruktsiya"

Moscow, Russia

## INVESTIGATION OF MODERN MATERIALS BASED ON MICROSPHER

*Abstract:* In this article the authors consider materials based on hollow and carbon spheres, in the process of comparative analysis of properties and characteristics of these materials, the authors singled out the main aspects and mechanisms of their use.

*Key words:* carbon, microsphere, density, filler, specific strength, hollow microspheres.

Материалы, полученные с применением микросфер, характеризуются не только малой плотностью, но также рядом других ценных свойств: высокой удельной прочностью на сжатие [11], стойкостью к деформации [15], хорошей теплоизолирующей способностью [10]. Среди материалов, получаемых на основе микросфер, можно выделить две основные группы: 1) материалы, в которых микросферы применяют как наполнитель, равномерно распределенный в матрице из связующего компонента (в такой структуре большая часть пористости закрыта и величина ее обычно не превышает 60%)[4; 20]; 2) материалы, полученные спеканием (или склеиванием) микросфер (более малочисленная группа, структурой таких материалов является каркас, силовые элементы которого представлены микросферами и перемычками между ними) [2; 25].

Для изготовления этих материалов в основном используются микросферы полифракционного состава. Однако исследования [13; 30], проведенные с плотными сферическими частицами, показали, что управление фракционным составом, а, следовательно, и структурой материала, позволяет регулировать ряд термомеханических параметров,

такие как прочность, пористость, термостойкость и др. Изменение геометрических параметров микросфер (размеров, толщины стенок), а также количества связи, формирует перемычки, расширяет возможность регулирования прочности и теплофизических свойств.

К первой группе можно отнести композиционные теплозащитные материалы с организованной пористостью [14], полученные методами порошковой металлургии. В качестве матрицы используют порошкообразные бориды и карбиды переходных металлов, а в качестве порообразователей - пустотелые микросферы углерода, оксида алюминия и натрия-бор-силикатного стекла. Введение пустотелых микросфер позволяет получить композиционные материалы с пористостью от 25 до 50% и прочностью 40 ... 50 МПа.

В работах [17; 24] предложены способы производства композиционных пористых материалов с введением полых микросфер ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , углеродных) в непрерывную металлическую матрицу. В качестве матрицы использовали алюминий или алюминиевые и магниевые сплавы. Также известный пористый материал, изготовленный на основе смеси пустотелых корундовых гранул в качестве наполнителя, тонкомолотого технического глинозема и ортофосфорной кислоты. Материал имеет пористую структуру с плотностью  $0,99 \text{ г / см}^3$ , предел прочности на сжатие составляет 5,8 МПа. Ко второй группе относится материал для изготовления которого использовали микробалоны из стекла, в качестве связи, формирующей перемычки между частицами, принимали хром-алюмо-фосфатносвязующие (9,08%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 4,64 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , 37,04%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ). Выбор такой связи позволил при неизменности формы микробалона регулировать средний размер перемычки, а, следовательно, и механические свойства материала. В зависимости от количества связи плотность

материала изменяется от 250 до 400 кг / м<sup>3</sup>, при этом прочность повышается от 2,5 до 5,5 МПа.

Материал из микросфер имеет практически идеальные размеры структуры, чем традиционный материал зернистого строения. В работах [16; 28] приведен более точный анализ зависимости прочности материала из плотных микросфер от особенностей его строения. Предел прочности материала из микросфер определяется средним напряжением в сечении перемычек между микросферами (число микросфер на единицу площади, число перемычек, которые разрушаются и площадь их разрушения).

В большинстве случаев пористые металлокерамические материалы в спеченном состоянии не имеют совершенных контактов [22]. Высокопористые материалы очень чувствительны к термическим ударам, что объясняется их низкой теплопроводностью и малой прочностью. К тому же у изделий из высокоогнеупорных оксидов относительно высокие значения коэффициента термического расширения, который также неблагоприятно сказывается на термостойкости. Несмотря на большое количество выпущенных микросфер из оксидов углерода, металлов и тугоплавких соединений наиболее распространены высокотемпературные материалы с использованием стеклянных полых микросфер, а также микросфер на основе оксида алюминия и углерода.

К высокопористым углеродным материалам следует также отнести пенококсы на основе углеродных микросфер (синтактные пены) [27], углеродные материалы на основе волокон [29], прессованные сажи, пористый пироуглерод и материалы, связанные с ним, вспученный или вермикулярный графит [12], пористый стеклоуглерод [8]. Для получения пенококсов на основе углеродных микросфер в термореактивные смолы

вводят пустотелые углеродные микросферы пека, фенольных, алкидных и эпоксидных смол казеина, целлюлозы, полиэфиров, полиамидов и др.

При получении высокопористых материалов на основе углеродных микросфер последние диспергируют в жидкие смолы или смешивают с твердым связующим [5]. В качестве связующих используют фенольные, полиуретановые, эпоксидные, фурфуроловые, алкидные, силиконовые, полиэфирные ненасыщенные смолы, жидкое стекло, силикагель, глину, а также целлюлозу, амиды, поливиниловый спирт, полиакрилонитрил и т.д.

Учитывая низкую прочность углеродных микросфер на раздавливание и стирание для их сохранения и улучшения формования изделий связующее звено обычно растворяют. Смесь микросфер со связующим загружают в форму и прессуют под небольшим давлением. Форму нагревают до 413 ... 493 К за 1 ... 120 мин, при этом удаляется растворитель и полимеризуется соединительная. Термическую обработку ведут в инертной среде при температурах выше 1073 К.

Материалы на основе углеродных микросфер характеризуются малой теплопроводностью (особенно при низких температурах) в сочетании с низкой кажущейся плотностью и высокой прочностью при сжатии [23]. Необходимо отметить, что обработка материалов на основе микросфер с притворной плотностью в пределах 450 ... 800 кг / м<sup>3</sup> при температуре 2473 ... 2873 К снижает их предел прочности при сжатии на 20 - 40% по сравнению с карбонизованными при 1173 ... 1373 К.

Кроме того, если для пенококсов характерно резкое увеличение теплопроводности с ростом кажущейся плотности, то для материалов на основе микросфер эта зависимость выражена значительно слабее (особенно при низких температурах).

Материалы на основе углеродных микросфер используют в глубоководных, погружных плавающих устройствах; в качестве звуко- и теплоизоляции при низких и высоких температурах, например, в рефрижераторах, ядерных реакторах, вакуумных печах [21]; в качестве огнеупорных материалов [6]; фильтров для жидкостей и газов [3]; мембран [1]; адсорбционных и футеровочных пластин для химических реакторов [9] и т.д. Микросферы на основе фенолоформальдегидных и карбамидных смол применяются для создания защитного слоя поверхности нефти с целью предотвращения испарения в нефтехранилищах, а углеродные микросферы на их основе используют, например, для тушения пламени металлов при горении. Выходные микросферы вводят в буровые растворы при бурении скважин, для получения высокопрочных пенопластов, использующихся в качестве плавучих средств и облегченных конструкционных материалов.

Большой интерес для использования в различных отраслях техники (облицовка химических реакторов, теплоизоляция в устройствах, работающих при высоких температурах, гибкие токоподвода, армированные проводники, терморadiационные экраны, прокладки уплотнительные для работы в агрессивных средах при высоких температурах и давлениях и т.д.) представляет вермикулярный графит [19; 26]. Несомненный интерес как материал для фильтрации высокоагрессивных сред, электродов, нагревателей, носителей катализаторов и др. представляет высокопористый стеклоуглерод [18]. Изделия из этого материала получают заливкой смеси, которая полимеризуется в емкости соответствующей формы и размеров (с учетом усадки при термической обработке), заполненной частицами водорастворимой соли (КС1) заданного гранулометрического состава как порообразователя. Для этого используют, например, смолу, полученную

поликонденсацией фурфурола с фенолом в присутствии кислотного катализатора. После частичной поликонденсации при 323 ... 353 К и отмывании соли (порообразователь), заготовку сушат. Для окончательного затвердевания заготовку выдерживают в течение недели при 453 ... 473 К. Затем заготовку карбонизируют в инертной среде при 1473 К. Полученный таким методом материал имеет  $\rho_k = 340 \text{ кг / м}^3$ , размер пор  $r = 250 \text{ мкм}$ . Регулируя давление формирования, эти показатели можно изменять в широких пределах. Так, при увеличении давления от 9,8 до 39,2 и 78,5 МПа  $\rho_k$  возрастает от 520 до 800 и 1000  $\text{кг / м}^3$ , пористость снижается с 73 до 56 и 45%, а максимальный размер пор - с 10 до 4, 5 и 2,8 мкм соответственно.

Таким образом, в данной статье нами были рассмотрены современные материалы на основе полых и углеродных сфер, в процессе сравнительного анализа свойств и характеристик данных материалов авторами выделены основные аспекты и механизмы их использования.

#### Список использованной литературы:

1. Charnaya E.V., Mavlonazarov I., Mikushev V.M Separating of lattice and impurity contributions in nuclear-spin-lattice relaxation under steady saturation conditions // Journal of Magnetic Resonance, Series A. 1995.Т. 112. № 1.С. 96-101.
2. Ivanov N., Kurtsev G., Copley D., Elkin Y. Cab noise generation and noise control in construction machinery // В сборнике: 12th International Congress on Sound and Vibration 2005, ICSV 2005 2005. С. 3268-3275.
3. Kitaeva A.V., Koshkin G.M., Piven I.G., Ryumkin V.I.On nonparametric kernel identification of nonlinear autoregression process // 5th Korea-Russia International Symposium on Science and Technology - Proceedings: KORUS 2001 5. 2001. С. 208-211.
4. Krishan A.L., Krishan M.A. Strength of axially loaded concrete -filled steel tubular columns with circular cross-section // Advances in Environmental Biology. 2014. Т. 8. № 7. С. 1991-1994.
5. Vlakh E.G., Pisarev O.A., Tennikova T.B., Stepanova M.A. Preparation and characterization of macroporous monoliths imprinted with erythromycin // Journal of Separation Science. 2015. Т. 38. № 16. С. 2763-2771.
6. Абалтусов В.Е., Немова Т.Н., Алексеенко Н.Н., Иванова Т.М. Устройство для газовой резки твердых материалов // патент на изобретение RUS 2042483

**Всероссийское СМИ**

**«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»**

Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: [akademnova.ru](http://akademnova.ru)

e-mail: [akademnova@mail.ru](mailto:akademnova@mail.ru)

7. Антонов В.И., Белов В.А., Егорычев О.О., Пашков А.В. Основные вопросы динамики. - Москва, 2009. – 114 с.

8. Архипов В.А., Палеев Д.Ю., Трофимов В.Ф., Усанина А.С. Способ определения смачиваемости порошковых материалов // Патент на изобретение RU 2457464 28.02.2011

9. Балабин В.Н., Евпаков В.В. Производство маневровых и промышленных локомотивов: проблемы развития отрасли // Транспорт Российской Федерации. 2012. № 6 (43). С. 30-33.

10. Бурков А.Ф. Надежность судовых электроприводов. - Владивосток, 2014. – 204 с.

11. Валяева Г.Г., Пузанкова Е.А., Иванова Т.А., Реент Н.А., Трофимова В.Ш. Моделирование и оценка уровня качества металлопродукции в условиях принятой производственной технологии // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2015. № 4 (52). С. 93-99.

12. Гибадуллин З.Р., Волков П.В. Методика оценки вариантов перемещения руды при отработке приконтурных запасов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2009. № 3. С. 11-13.

13. Горбачева Н.Б. К решению упруго-вязко-пластического состояния тонких пластин с отверстием при двусосном нагружении // Современные методы теории функций и смежные проблемы прикладной математики и механики Воронежская зимняя математическая школа - 1995: тезисы докладов школы. 1995. С. 54.

14. Кожевникова С.В., Криворотов А.П. Напряженно-деформированное состояние упруго-пластического основания ленточных щелевидных фундаментов. - Новокузнецк, 2002.

15. Кришан А.Л. Новый подход к оценке прочности сжатых трубобетонных элементов // Бетон и железобетон. 2008. № 3. С. 2-5.

16. Лагунова Ю.А. Оптимизация параметров дробильного оборудования на основе энергетических характеристик дробимости горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. 1999. № 8. С. 177-178.

17. Мухамадеев Э.З. Исследование новых видов сырья для производства малоактивного технического углерода // Вестник Башкирского университета. 2006. Т. 11. № 1. С. 42-44.

18. Нечаев Ю.Б., Борисов Д.Н., Пешков И.В. Оценка влияния параметров модуля первичной обработки на работу цифровой антенной решетки // Нелинейный мир. 2010. Т. 8. № 3. С. 151-159.

19. Русанов М.А., Русанов А.М. Влияние положения почвозацепа звена гусеницы на экологические и тягово-сцепные качества трактора // В сборнике: Инновационная наука как основа развития современного государства Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции. 2017. С. 164-166.

20. Рябухин А.К. Совместная работа свай и анкерных свай в составе конструкции противооползневых сооружений на автомобильных дорогах (Краснодарский край) // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Волгоград, 2013

21. Санников В.Г., Корольков А.А., Герасименко Х.В. Метод совместного оценивания параметров и фильтрации зашумленной речи в голосовых кодеках // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2014. Т. 8. № 12. С. 71-73.

**Всероссийское СМИ**

**«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»**

Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

**Сайт:** akademnova.ru

**e-mail:** akademnova@mail.ru

22. Скоморохов Г.И., Сысоев В.В. Гидропневматический молот ударного действия // Патент на изобретение RUS 2182226 10.05.2000

23. Старожилова О.В. Математическое моделирование нелинейных задач деформирования оболочек // Science, technology and life- 2014 Proceedings of the international scientific conference. Editors V.A. Iljuhina, V.I. Zhukovskij, N.P. Ketova, A.M. Gazaliev, G.S. Mal'. 2015. С. 24-27.

24. Тимирязев В.А., Хостикоев М.З., Схиртладзе А.Г., Агеева В.Н., Вэй Пью Маунг Обеспечение качества поверхностного слоя материала деталей машин // Технология машиностроения. 2014. № 1. С. 7-11.

25. Федорчук Ю.М., Кудяков А.И., Недавний О.И., Федорчук В.А. Способ нейтрализации побочного продукта фтористоводородного производства // Патент на изобретение RUS 2207996 26.06.2001

26. Хостикоев М.З. Кинематика накатывания резьб тангенциальными головками // Вестник машиностроения. 1977. № 4. С. 39-41.

27. Чернецкая Н.А., Кулагина Н.А., Кантор С.А., Шапошников Ю.А. Динамика взаимодействия частицы туков и лопасти в процессе перемешивания // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2012. № 2. С. 66-71.

28. Шахворостов Н.Г., Хаджиева Я.Я., Платонов С.А., Пустынин Б.В., Жуковский Л.Г., Федоренко В.И., Резниченко С.А. Ударопрочный шлем сапера // Патент на изобретение RUS 2232370 02.07.2002

29. Шибряева Л.С., Тертышная Ю.В., Ольхов А.А., Сидорова О.Г., Иорданский А.Л. Структурные особенности и термоокисление смесей на основе поли-3-оксибутирата и этиленпропиленового сополимера // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2003. Т. 45. № 5. С. 785."

30. Шляхова А.Г., Дивин Н.П., Шляхов А.Т. Быстродействующий дифференциальный микрокалориметр // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. 2005. Т. 3. С. 225.

**Дата поступления в редакцию: 25.06.2018 г.**

**Опубликовано: 30.06.2018 г.**

**© Академия педагогических идей «Новация», электронный журнал, 2018**

**© Веретенников С.Д., 2018**