

Разработка материалов нового поколения на основе использования металлоотходов

© А.А. Кузнецов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Исследовано новое направление в применении материалов, созданных на основе отходов металлургического производства. Раскрыта роль композитов со стеклянной матрицей, особое внимание уделено шлакоситаллу, предложено его использование в промышленности, строительстве.

Ключевые слова: композит, наполнитель, матрица, ситалл, доменный шлак, шлакоситалл

Научно-технический прогресс неразрывно связан с развитием материалов. Именно материалы дали название целым эпохам: каменный век, бронзовый век, железный век. Бурный рост промышленного производства требует создания новых материалов с различными уникальными свойствами. Работоспособность конструкций атомной и термоядерной энергетики, ракетно-космической техники обеспечивают материалы, способные работать в экстремальных условиях эксплуатации. Широкое развитие информационных технологий в разных сферах деятельности стало возможным с появлением новых материалов с особыми электрофизическими свойствами.

Исследование новых материалов предполагает установление взаимосвязей между тремя элементами: составом, структурой и свойствами (ССС). Диаграмма алгоритма исследования материалов показана на рис. 1.

В последние годы активно развивается новое направление — исследование и практическое применение композиционных материалов, которые сочетают в себе свойства металлов и неметаллов. Свойства металлических и неметаллических материалов по отдельности в большинстве случаев не удовлетворяют предъявляемым требованиям. Только грамотное сочетание в едином материале требуемых свойств различных веществ металлической и неметаллической природы, органического и неорганического происхождения позволяет конструировать состав и структуру материалов с заранее

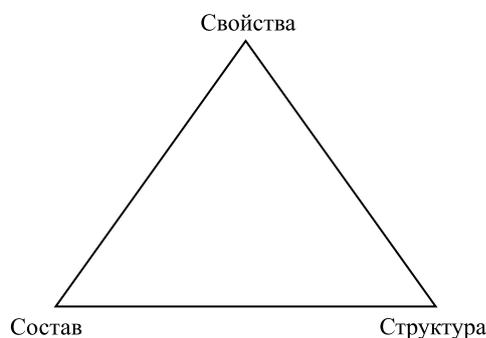


Рис. 1. Тройная диаграмма алгоритма исследования материалов

заданными свойствами. Такие материалы в отличие от традиционных получили название композиционных или сокращенно композитов [1].

Композиты (от лат. *composition* — составление) представляют собой сочетание в едином материале свойств различных веществ: металлов и неметаллов, органических и неорганических веществ с целью конструирования материалов с заранее заданными свойствами. Композиты называют материалами будущего. Они являются новой ступенью в развитии материаловедения.

Композиты состоят из матрицы и наполнителя. Матрица связывает отдельные элементы наполнителя в единый монолит. Наполнители делятся на два класса: зернистые и волокнистые (рис. 2).

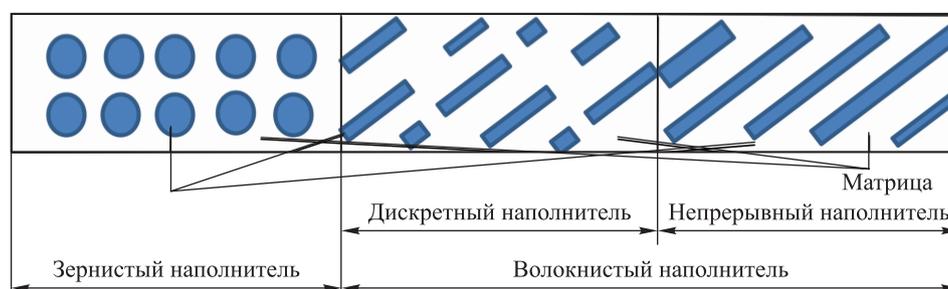


Рис. 2. Классификация композиционных материалов по виду наполнителя

Широкое применение в промышленности получили дисперсно-упрочненные композиты. Дисперсные включения различной химической природы повышают степень прочности матрицы, создают в ней условия для химического взаимодействия матричного или специально введенного в матрицу элемента с активными газами, преимущественно с кислородом. Дисперсные включения делают прочной металлическую, полимерную, керамическую, углеродную или стеклянную матрицы [2].

Дисперсно-упрочненные композиционные материалы со стеклянной матрицей называют ситаллами (от лат. *silicium* — кремний). Технические ситаллы используют в машиностроении в качестве конструкционного, жаропрочного и жаростойкого материала. Разработана и широко внедряется в машиностроение технология получения ситаллов на основе дешевых металлургических шлаков. Шлакоситаллы обладают стойкостью против коррозии, а также износостойкостью.

При производстве одной тонны металла образуется около 1 т шлака. В России ежегодно накапливаются миллионы тонн шлака и с каждым годом в отвалах их становится все больше и больше [3].

Использование доменных шлаков в сочетании с обычным кварцевым песком и другими недефицитными добавками позволило получить новый микрокристаллический материал — шлакоситалл. Большие запасы

и дешевизна шлака обуславливают его низкую стоимость, а также экономическую эффективность производства и применения шлакоситаллов.

Шлакоситалл — высокоизносоустойчивый материал, применяемый для защиты от сухого и гидроабразивного износа различных поверхностей в технике, также он используется как декоративный строительный материал для отделки наружных и внутренних стен и полов.

Применение шлакоситалла в химической и коксохимической промышленности для футеровки аппаратуры, газоотходов, корпусов вытяжных вентиляторов дает существенные экономические выгоды по сравнению с известными футеровочными материалами.

Высокое сопротивление стирающему воздействию абразивной среды делает шлакоситалл ценным материалом для футеровки бункеров, желобов, лотков, течек, корпусов флотационных машин, воронок, классификаторов скребковых транспортеров, а также для облицовки наклонных эстакад и других сооружений, подверженных воздействию абразивных материалов.

Отличительное свойство шлакоситалла — высокие диэлектрические характеристики в совокупности с другими положительными свойствами делает шлакоситалл незаменимым для применения в электротехнической и машиностроительной промышленности.

В промышленных зданиях применение шлакоситалла целесообразно для антикоррозионной защиты стен, перегородок, колонн, устройства покрытий полов, особенно при агрессивных условиях производства, а также при высокой влажности воздуха или влажных процессах.

Листовой шлакоситалл отличается от известных облицовочных, например, керамических, материалов значительно большими габаритами изделий, в результате чего резко сокращается количество швов и расход материалов для их заделки. Кроме того, на 30 % повышается производительность труда при укладке покрытий [4].

Полы из шлакоситалловых плит отличаются огнестойкостью, малой стираемостью, полным отсутствием пылевыведения, легкостью очистки от пыли и грязи. Комбинации расположения плит различных цветов позволяют создать любой рисунок пола, отвечающий эстетическим и гигиеническим требованиям [5].

Экспериментальные исследования показали, что применение шлакоситалла для покрытия полов в цехах с интенсивным движением внутрицехового безрельсового транспорта настолько эффективно, что за 50 лет эксплуатации износ покрытия составляет всего лишь 1 мм [6].

Конструкции, выполненные с применением шлакоситалла, удовлетворяют самым высоким санитарно-гигиеническим требованиям.

Для крепления шлакоситалла обычно используют цементно-песчаные растворы, в условиях воздействия агрессивных сред — кислотоупорные материалы, а также смеси с применением полимерных материалов.

Шлакоситалл — стеклокристаллический материал с мелкозернистой структурой, получаемый путем направленной кристаллизации стекла на основе шлаков, зол и других промышленных отходов и горных пород. Небольшая стоимость исходного сырья, высокомеханизированные способы получения в сочетании с высокими эксплуатационными свойствами делают шлакоситалл конкурентоспособным по отношению к традиционным материалам.

Технология получения шлакоситаллов методами литья, прессования и непрерывного проката впервые в мире была разработана в Донецкой области. Освоено получение шлакоситалла серого, белого, синего, коричневого и других цветов (таблица). Механическая шлифовка и полировка поверхности резко улучшают эстетические свойства изделий. При нанесении на поверхность шлакоситалла силикатных эмалей можно получать строительный облицовочно-декоративный материал с различной окраской.

Таблица

Физико-механические свойства шлакоситалла

Показатели	Шлакоситалл	
	серый	белый
Плотность, кг/м ³	2600...2750	2600...2700
Предел прочности при сжатии, МПа	500...600	450...550
Предел прочности при изгибе, МПа	80...120	65...100
Модуль упругости, МПа	$(0,9...1,1) \cdot 10^5$	$(0,76...0,9) \cdot 10^5$
Коэффициент Пуассона	0,21...0,28	0,21...0,26
Микротвердость, МПа	6500...7500	6000...8000
Удельная ударная вязкость, КДж/м ²	2,8...4,0	3,0...3,5
Термостойкость, К	426...470	376...420
Температура размягчения, К	1223...1273	1173
Коэффициент линейного термического расширения, К ⁻¹	$(72...76) \cdot 10^{-7}$	$(90,5...95) \cdot 10^{-7}$
Теплопроводность при 293 К, Вт/(м·К)	1,05	1,05
Потери массы при истирании, кг/м ²	0,15...0,3	0,3...0,6
Кислотостойкость в минеральной кислоте (H ₂ SO ₄), %	99,15...99,98	99,1...99,9
Щелочестойкость в 35%-ном р-ре NaOH, %	73...82	80...85
Водопоглощение, %	0	0
Пробивная напряженность электрического поля при частоте 50 Гц, кВ/м	$(40...50) \cdot 10^3$	$(40...50) \cdot 10^3$
Диэлектрическая постоянная при частоте 50 Гц	7,0...7,7	7,0...7,2

В настоящее время разработаны непрерывно действующие механизированные и автоматизированные технологические линии производительностью 13,5 тыс. т в год, что соответствует 500 тыс. м² шлакоситалла при толщине ленты 10 мм. При работе двух линий общая производительность — 20 тыс. т в год [7].

Для изготовления шлакоситалла используются гранулированный шлак доменного производства, песок и добавки. Расход сырья на 1 т стекломассы, кг: шлак — 500...600; песок — 300...400; сода — 60...80; кремнефтористый натрий — 40...50.

Для получения шлакоситалла белого цвета дополнительно вводят 30...50 кг отходов цинкового производства. Шихта и бой с помощью автоматических загрузчиков подаются в стекловаренную печь. Готовая стекломасса поступает на валки прокатной машины, которые формируют непрерывную ленту стекла шириной до 1600 мм, толщиной 4...15 мм, движущуюся со скоростью от 20 до 150 м/ч.

Лента стекла подвергается кристаллизации и отжигу в конвейерной печи. На выходе из печи лента автоматически разрезается на листы и плиты заданных размеров. На производство 1 т листового шлакоситалла расходуется: электроэнергии — 170 кВт/ч; технологического топлива (условное топливо калорийностью 7000 ккал/кг) — 1070 кг; технической воды — 24,5 м³; умягченной воды — 5,5 м³ [8].

В современных условиях в машиностроении применяются стеклокристаллические материалы, полученные на основе отходов других отраслей промышленности: углеобогатительной, химической, энергетической, цветной металлургии (отходы углеобогащения, золы и шлаки ТЭЦ, шламы хроматного, боратного производства и т. д.). По свойствам такие материалы не уступают шлакоситаллу на основе доменных шлаков. При этом можно использовать для производства шлакоситалла доменные шлаки и золы ТЭЦ заводов Центральной России, Западной Сибири, а также предприятий зарубежных стран: Болгарии, Польши, Китая.

Низкая стоимость исходного сырья, высокомеханизированный способ его получения в сочетании с высокими эксплуатационными характеристиками делают шлакоситалл конкурентоспособным по отношению к традиционным материалам при использовании его в аналогичных целях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кузнецова Т.И., Ганина Г.Э., Клементьева С.В. Приоритеты российского машиностроения в свете новой индустриальной революции. *Гуманитарный вестник*, 2017, вып. 1. DOI: 10.18698/2306-8477-2017-1-408
- [2] Кузнецов М.А. Реализация потенциальных возможностей машиностроительных материалов нового поколения. *Материалы Всероссийской науч-*

- но-практической конференции «Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении». Москва, Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018, с. 91–93.
- [3] Омельченко И.Н., Кузнецов А.А. Новые тенденции на рынке железорудного сырья. *Гуманитарный вестник*, 2017, вып. 8. DOI: 10.18698/2306-8477-2017-8-463
- [4] Кузнецов А.А. Научно-технологическая технология производства машиностроительных материалов нового поколения на основе использования отходов металлургического производства. *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении»*. Москва, Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018, с. 87–90.
- [5] Колобов А.А., Омельченко И.Н., ред. *Экономика инновационной деятельности наукоемких предприятий*. Москва, Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007, 384 с.
- [6] Самсонов К.С., Севрюкова А.В., Кузнецова Т.И. Повышение эффективности системы контроля над созданием инновационных материалов. *Гуманитарный вестник*, 2016, вып. 10. DOI: 10.18698/2306-8477-2016-10-390
- [7] Щеглов Б.А., Сафонов А.А. *Теоретические основы и прикладные задачи технологии композитов*. Москва, URSS, 2015, 105 с.
- [8] Волков Г.М. *Машиностроительные материалы нового поколения*. Москва, ИНФРА-М, 2018, 319 с.

Статья поступила в редакцию 01.11.2018

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Кузнецов А.А. Разработка материалов нового поколения на основе использования металлоотходов. *Гуманитарный вестник*, 2018, вып. 11. <http://dx.doi.org/10.18698/2306-8477-2018-11-573>

Кузнецов Андрей Александрович — аспирант факультета «Инженерный бизнес и менеджмент» МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: andrew_lumia@hotmail.com

Development of new generation materials based on the use of metal wastes

© A.A. Kuznetsov

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The paper explores a new direction in the development of new generation materials based on the use of metal wastes. We reveal the role of glass matrix composites, paying special attention to slag glass-ceramic, and propose its use in industry and construction.

Keywords: composite, filler, matrix, sitall, blast furnace slag, slag glass-ceramic

REFERENCES

- [1] Kuznetsova T.I., Ganina G.E., Klementyeva S.V. *Gumanitarny Vestnik — Humanities Bulletin of BMSTU*, 2017, no. 1. DOI: 10.18698/2306-8477-2017-01-408
- [2] Kuznetsov M.A. Realizatsiya potentsialnykh vozmozhnostey mashinostroitelnykh materialov novogo pokoleniya [Potential implementation of new generation engineering materials]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sistemy upravleniya polnym zhiznennym tsiklom vysokotekhnologichnoy produktsii v mashinostroenii»* [Proc. of the All-Russian scientific and practical conference “Control Systems of Full Life Cycle of Hi-tech Products in Mechanical Engineering”]. Moscow, BMSTU Publ., 2018, pp. 91–93.
- [3] Omelchenko I.N., Kuznetsov A.A. *Gumanitarny Vestnik — Humanities Bulletin of BMSTU*, 2017, no. 8. DOI: 10.18698/2306-8477-2017-8-463
- [4] Kuznetsov A.A. Naukoemkaya tekhnologiya proizvodstva mashinostroitelnykh materialov novogo pokoleniya na osnove ispolzovaniya otkhodov metallurgicheskogo proizvodstva [High technology of new generation engineering materials production based on the use of metal waste]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sistemy upravleniya polnym zhiznennym tsiklom vysokotekhnologichnoy produktsii v mashinostroenii»* [Proc. of the All-Russian scientific and practical conference “Control Systems of Full Life Cycle of Hi-tech Products in Mechanical Engineering”]. Moscow, BMSTU Publ., 2018, pp. 87–90.
- [5] Kolobov A.A., Omelchenko I.N., ed. *Ekonomika innovatsionnoy deyatel'nosti naukoemkikh predpriyatiy* [Economy of innovative activity of technology-intensive enterprises]. Moscow, BMSTU Publ., 2007, 384 p.
- [6] Samsonov K.S., Sevryukova A.V., Kuznetsova T.I. *Gumanitarny Vestnik — Humanities Bulletin of BMSTU*, 2016, no. 10. DOI: 10.18698/2306-8477-2016-10-390
- [7] Shcheglov B.A., Safonov A.A. *Teoreticheskie osnovy i prikladnye zadachi tekhnologii kompozitov* [Theoretical bases and applied problems of composites technology]. Moscow, URSS, 2015, 105 p.
- [8] Volkov G.M. *Mashinostroitelnye materialy novogo pokoleniya* [New generation engineering materials]. Moscow, INFRA-M Publ., 2018, 319 p.

Kuznetsov A.A., post-graduate student, Faculty of Engineering Business and Management, Bauman Moscow State Technical University. e-mail: andrew_lumia@hotmail.com