

УДК 67.02: 622.271

https://doi.org/10.33619/2414-2948/61/29

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

©**Ибраимов Т. К.**, ORCID: 0000-0002-1444-4791, Ошский государственный университет,
г. Ош, Кыргызстан, t.kailbekovich@mail.ru

©**Ташполотов Ы.**, д-р физ.-мат. наук, Ошский государственный университет,
г. Ош, Кыргызстан, itashpolotov@mail.ru

TECHNOLOGY FOR PRODUCING COMPOSITE MATERIALS BASED ON MULTI-COMPONENT MAN-GENERIC RAW MATERIALS

©**Ibraimov T.**, ORCID: 0000-0002-1444-4791, Osh State University,
Osh, Kyrgyzstan, t.kailbekovich@mail.ru

©**Tashpolotov Y.**, Dr. habil., Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, itashpolotov@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены состояние и перспективы развития производства композитов на основе различных видов многокомпонентного сырья (оксида кремния, шлака, и др.) и их компонентов. Рассмотрены современные достижения в области физики конденсированного состояния композиционных материалов с минеральными матрицами и различными размерными уровнями наполнителей. Проанализированы подходы ведущих научных школ к созданию композитов выявлено, что многие вопросы получения многокомпонентных КМ остаются открытыми. Сделан вывод о том, что оптимизацию процесса получения композитов на основе МС следует проводить по изменению целевых функций и параметров, учитывающих все виды взаимодействия компонентов. Разработан метод выбора минеральных матриц для производства КМ, сущность которого состоит в сопоставлении компонентных составов сырья и композиционных материалов, а поиск матриц производится по максимальному оптимальному значений межмолекулярных расстояний в многокомпонентном сырье и КМ.

Abstract. The state and prospects of development of production of composites based on various types of multicomponent raw materials (silicon oxide, slag, etc.) and their components are considered. Modern achievements in the field of condensed matter physics of composite materials with mineral matrices and various dimensional levels of fillers are considered. The approaches of leading scientific schools to the creation of composites are analyzed; it is revealed that many issues of obtaining multicomponent composite materials remain open. It is concluded that the optimization of the process of obtaining composites based on multicomponent raw materials should be carried out by changing the target functions and parameters that take into account all types of interaction of components. A method for selecting mineral matrices for the production of composite materials has been developed, the essence of which is to compare the component compositions of raw materials and composite materials, and the search for matrices is performed by the maximum optimal value of intermolecular distances in multicomponent raw materials and composite materials.

Ключевые слова: природные отходы, техногенные отходы, композиционные материалы, наполнители, матрица, шлак, минеральные ресурсы, прочность, низкоразмерные системы.

Keywords: natural waste, technogenic waste, composite materials, fillers, matrix, slag, mineral resources, strength, low-dimensional systems.

Введение

Баткенская область Киргизской Республики является областью где советское время интенсивно функционировал Хайдарканский ртутный и Кадамжайский сурьмяный комбинаты, производящие ртуть и сурьмы высокой чистоты и при этом сбрасывая в отвалы огромное количество отходов переработки минерального сырья, в составе которых присутствует ртуть и сурьма содержащие твердые отходы.

Анализ отечественной и зарубежной научной литературы показывает, что получение из техногенного сырья композиционных материалов с заданными эксплуатационными свойствами (прочность, долговечность, декоративный внешний вид и т. д.) в большинстве случаев невозможно известными способами. Необходимы новые технологические подходы к процессам массоподготовки, формированию структуры изделий, сушки, обжига, придания необходимой цветовой гаммы и др. для формирования на основе природного и техногенного сырья композиционных материалов (КМ). Поэтому производство КМ на основе многокомпонентного природного и техногенного сырья является актуальной научно-технологической задачей [1-3].

Доступность и низкая стоимость сырья, малые энергетические, транспортные и накладные расходы, снижающие себестоимость композитов, и, вместе с тем, высокие договорные цены и спрос на внутреннем и внешнем рынках создают предпосылки для увеличения объемов их производства. Главной причиной, сдерживающей развитие производства композитов с использованием многокомпонентного сырья (МС), является недостаточная разработанность научных и технологических основ их получения:

не установлены взаимосвязи между характеристическими функциями, параметрами процессов изготовления композитов и их эксплуатационными показателями; не определены критерии выбора связующих;

не учтены факторы сложности и изменения химического состава, фазовой неоднородности, негативного влияния отдельных компонентов сырья;

не разработаны способы получения композитов на основе минерального и техногенного МС без дополнительного применения связующих; не обеспечена экологическая безопасность производства КМ.

Указанные проблемы представляются актуальными перспективными в развитии науки и технологий. Поскольку в развитии строительной [4, 5], энергетической, приборо- и машиностроительной [6], авиационной [7] и др. отраслях значительную роль играют многокомпонентные композиционные материалы, которая заключается не только в возможности замены различных металлов и сплавов, а также в повышении надежности и долговечности деталей узлов машин, работающих в экстремальных условиях эксплуатации [8-10].

Материал и методы исследования

Введение в матрицу различных наполнителей-модификаторов: волокнистых, дисперсных, минеральных и других ресурсов и материалов (особенно низкоразмерных), существенно повышает физико-технологические характеристики КМ и позволяет управлять эксплуатационными свойствами получаемых многокомпонентных гетерогенных композиционных материалов [8, 11, 12]. В этой связи существенно возрастает роль

материаловедческих разработок и исследований. Важным является изучение влияния наполнителей, получаемые из природных и техногенных отходов, включающих два и более компонентов с различными физико-механическими свойствами, размерами и геометрией частиц, в том числе микро и ультрачастиц, на развитие процессов структурной модификации КМ [11-13].

Масштабность задач существенно возрастает в связи с необходимостью утилизации огромных количеств многокомпонентного техногенного сырья для решения серьезных экономических, экологических и социальных проблем регионов КР. Всего на территории Киргизской Республики в отвалах и хранилищах накоплено более 6,0 млн т. твердых отходов, в том числе токсичных и канцерогенных около 1,0 млн т.

Результаты анализа научной литературы [1-15] и патентного поиска [9], методов синтеза КМ и влияния степени высокой дисперсности частиц наполнителей на физико-механические свойства композитов позволили сформулировать научную гипотезу о возможном управлении и интенсификации процессами структурообразующих процессов кристаллизации, происходящих на стадии термообработки [14], спекания композита [11-13].

Целью настоящего исследования являлась разработка научно-технологической основы переработки различных видов многокомпонентного природного и техногенного сырья промышленности цветной металлургии КР, разработка технологии получения композиционных материалов (КМ) на их основе и установление закономерностей структурного формирования КМ.

Для достижения этой цели нам необходимо поэтапно определить целевой функции процесса получения композитов и установление ее связи с основными физико-технологическими параметрами на основе неравновесной термодинамики и эксплуатационными показателями техногенных отходов с помощью термодинамического анализа состава многокомпонентного техногенного сырья, фазовых и химических превращений компонентов в процессе термообработки и спекания композиционной шихты и исследование термокинетических процессов переработки сырья при получении композиционных материалов, что позволяет установить физико-технологические критерии прогнозирования технических свойств КМ [14].

В дальнейшем необходимо оптимизации процессов получения композитов путем компьютерного моделирования с учетом квазиравновесности процесса образования КМ.

Установление зависимостей между составом, структурой и свойствами КМ позволяет обеспечить высокие потребительские свойства изделий путем оптимизации технологических принципов их производства.

Теоретической и методологической основой наших исследований являются разработки отечественных и зарубежных ученых в области композиционного материаловедения, неравновесная термодинамика, физика разрушения композитов, системный и термодинамический анализ.

Работа выполняется с применением теоретико-методологических основ композиционного материаловедения в системе: рецептура, технология – кинетика - структура – свойства.

При проведении исследований используется физико-химические методы оценки характеристик структуры и свойств, методы планирования эксперимента, регрессионного и корреляционного анализа и статистической обработки экспериментальных данных с применением ЭВМ.

Авторами настоящей работы определены состав техногенных отходов Кадамжайского

сурьмяного комбината(КСК) КР в лабораторных образцах, а также в опытно-промышленных масштабах. В дальнейшем будут разработаны технологические регламенты, в наработанных образцов и в опытно-промышленных масштабах.

Экспериментальная часть (Результаты и обсуждение)

В качестве объектов исследования рассмотрены промышленные отходы предприятий цветной металлургии Баткенской области КР. Исследовались технологические пробы отходов КСК. В работе использовались стандартные методы исследований сырьевых материалов и готовых изделий, а также прецизионные методы анализа структуры и свойств сырья и композитных материалов на их основе. Дисперсность частиц исходного сырья определялась пипеточным (ГОСТ 21216.2-93) и ситовым методами анализа.

Для проверки годности техногенных отходов КСК на предмет получения композитов необходимо провести анализ вещественного состава шлака, что проводились химическим и спектрометрическим способами. Вещественный состав твердых отходов производства, глинистых пород и добавок определялся валовым и химическими анализами (Таблица).

Таблица.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наименование сырья	Массовая доля компонентов, % (на абсолютно сухое вещество)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Sb	nnn
КСК	62,3	3,92	3,88	6,82	2,05	1,21	0,15	1,2*10 ⁻²	10,9
	78.3	5.12	4.96	7.95	1.81	1.28	0.12	1.6*10 ⁻²	9.85
	71.9	4.38	4.15	7.83	1.78	1.15	0.18	2.1*10 ⁻²	8.81
	70.83	4.47	4.33	7.53	1.88	1.21	0.15	1.63*10 ⁻²	9.85

Из данных Таблицы видно, что основными компонентами проб являются двуокись кремния — 70,83%, кальцит — 7,53% и глинистые компоненты — 10,68%. Так как исследуемые пробы являются отходами сурьмяного производства, то необходимо определить количества токсичных элементов (Zn, Pb, Cu, Cd) в твердом веществе. Исследования показали, что Zn, Cd отсутствуют, а Pb, Cu не превышает предельно-допустимой нормы.

Для исследования на радиации отходов комбината использовали бета-радиометр РУБ-01П6, блок детектирование БДКГ — 03П, измерительный прибор УИ-38П2. Полученные результаты показывают, что:

естественный фон – 0,8мкЗв/ч;

активность песка - 0,19мкЗв/ч,

т.е. активность песка намного меньше, чем значение естественного фона. Таким образом пески(отходы) обогатитетльного комбината Кадамжайского комбината может быть использованы в качестве добавки в производстве цементного клинкера.

В качестве примера для получения КМ использовались следующие материалы: портландцемент марки 1Щ500 производства ОАО «Южно-киргизский цемент» и белый портландцемент марки М-600. Минеральная часть проектировалась из следующего состава: фракционированный кварцевый двуокись кремния из отходов КСК с фракцией 0,2-0,6 мм с содержанием фракций: 0,2-0,4 мм — 20-30%, фракции 0,4-0,6 мм — 70-80%; измельченный каменный порошок, имеющий средний размер частиц 20-100 мкм.

Определение эксплуатационно-технологических свойств образцов и изделий производилось в соответствии с требованиями действующих стандартов (ГОСТ 7025-91 и др.) [16-18].

Экспериментальные данные, полученные для бетонов показывают, что водопоглощение

обычных бетонов на 20% больше, чем бетон полученный с использованием микрочастиц кремнезема отходов КСК. При этом бетоны с микрочастицей кремнезема обладают низким водопоглощением — не более 1,2, то есть, использованный размерно активированный модификатор позволяет улучшить качество структуры бетона, увеличив его плотность за счет увеличения однородности распределения пор и уменьшения их размеров.

На основе экспериментальных исследований разработаны методологические принципы создания размерно-модифицированных высокопрочных бетонов и определены следующие управляющие параметры:

-рецептурные — количество компонентов (портландцемент высокой марки, наполнитель, размерный модификатор, пластификатор) и прочность на границе раздела «состав и размер частиц наполнителя - цементноминеральная матрица»;

-технологические — время продолжительности и интенсивность перемешивания компонентов, температура и интенсивность тепловлажностной обработки и режимный фактор введения низкоразмерного модификатора.

Таким образом, при формировании композитов основными параметрами являются вышеуказанные параметры и оптимизация удельной площади частиц оксида кремния приводит к достижению эксплуатационных показателей КМ на необходимый уровень и обеспечить его многофункциональность.

В дальнейшем с целью выявления области существования оптимальных функциональных свойств композиционного материала будут исследованы интервал концентраций наполнителя (1-15%).

Заключение

Таким образом исследованы возможности использования отходов КСК для получения КМ и установлены влияния основных рецептурных и технологических факторов на процессы формирования, свойства размерномодифицированного бетона-наполнителя, позволяющие установить рациональные режимы варьирования рецептурно-технологических факторов.

Список литературы:

1. Батаев А. А. Композиционные материалы: строение, получение, применение. М.: Логос, 2006. 280 с.
2. Зотов А. А. Композиционные материалы. Классификация, состав, структура и свойства. М.: Факториал Пресс, 2015. 161 с.
3. Композиционные материалы. Справочник. М.: Машиностроение, 2015. 218 с.
4. Худяков В. А. Современные композиционные строительные материалы. М., Изд-во АВС, 2006. 144 с.
5. Компьютерное моделирование и оптимизирование составов композиционных строительных материалов. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2015. 272 с.
6. Тимофеева М. Ю., Доломатов М. Ю. Композиционные материалы и их применение в промышленности. М.: СИНТЕГ, 2007. 287 с.
7. Тарасов Ю. М., Антипов В. В. Новые материалы ВИАМ — для перспективной авиационной техники производства ОАО «ОАК» // Авиационные материалы и технологии. 2012. №2. С. 5-6.
8. Быков Е. А., Дегтярев В. В. Современные наполнители-важный фактор повышения конкурентоспособности композитов // Пластические массы. 2006. №1. С. 32-36.

9. Нанокomпозиционные материалы. Пат. США № 6812272.
10. Кербер М. И., Виноградов В. М., Головкин Г. С. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технологии. СПб., 2008. 560 с.
11. Симонов-Емельянов И. Д. Построение структур в дисперсно-наполненных полимерах и свойства композиционных материалов // Пластические массы. 2015. №9-10, С. 29-36.
12. Милейко С. Т. Композиты и наноструктуры // Композиты и наноструктуры. 2009. №1. С. 6-37.
13. Решетов В. А., Морковин В. В., Казаринов И. А., Мызников Д. В. Физико-химические основы применения многокомпонентного природного и техногенного сырья в производстве функциональных композиционных материалов // Известия вузов. Сер. Строительство. 2000. №11. С. 32-39.
14. Никулин С. А., Турилина В. Ю. Материаловедение и термическая обработка. М.:МИСиС, 2013. 171 с.
15. Шевченко В. Г. Основы физики современных композиционных материалов. М., 2010.
16. ГОСТ 7025-91. Межгосударственный стандарт. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости.
17. ГОСТР 57921-2017. Композиты полимерные. Методы испытаний. Общие требования.
18. ГОСТ 25.602-80. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов).

References:

1. Bataev, A. A. (2006). Kompozitsionnye materialy: stroenie, poluchenie, primeneniye. Moscow. (in Russian).
2. Zotov, A. A. (2015). Kompozitsionnye materialy. Klassifikatsiya, sostav, struktura i svoystva. Moscow. (in Russian).
3. Kompozitsionnye materialy. Spravochnik (2015). Moscow. (in Russian).
4. Khudyakov V. A. (2006). Sovremennyye kompozitsionnye stroitel'nyye materialy. Moscow. (in Russian).
5. Komp'yuternoe modelirovaniye i optimizirovaniye sostavov kompozitsionnykh stroitel'nykh materialov. (2015). Moscow. (in Russian).
6. Timofeeva, M. Yu., & Dolomatov, M. Yu. (2007). Kompozitsionnye materialy i ikh primeneniye v promyshlennosti. Moscow. (in Russian).
7. Tarasov, Yu. M., & Antipov, V. V. (2012). Novyye materialy VIAM – dlya perspektivnoy aviatsionnoy tekhniki proizvodstva OAO “OAK”. *Aviatsionnyye materialy i tekhnologii*, (2). 5-6. (in Russian).
8. Bykov, E. A., & Degtyarev, V. V. (2006). Sovremennyye napolniteli-vazhnyy faktor povysheniya konkurentosposobnosti kompozitov. *Plasticheskiye massy*, (1). 32-36. (in Russian).
9. Nanokompozitsionnye materialy. Pat. SShA №6812272.
10. Kerbe, M. I., Vinogradov, V. M., & Golovkin, G. S. (2008). Polimernyye kompozitsionnye materialy: struktura, svoystva, tekhnologii. St. Petersburg. (in Russian).
11. Simonov-Emel'yanov, I. D. (2015). Postroeniye struktur v dispersno-napolnennykh polimerakh i svoystva kompozitsionnykh materialov. *Plasticheskiye massy*, (9-10), 29-36. (in Russian).

12. Mileiko, S. T. (2009). Kompozity i nanostruktury. *Kompozity i nanostruktury*, (1). 6-37. (in Russian).
13. Reshetov, V. A., Morkovin, V. V., Kazarinov, I. A., & Myznikov, D. V. (2000). Fiziko-khimicheskie osnovy primeneniya mnogokomponentnogo prirodno i tekhnogenno syr'ya v proizvodstve funktsional'nykh kompozitsionnykh materialov. *Izvestiya vuzov. Ser. Stroitel'stvo*, (11). 32-39. (in Russian).
14. Nikulin, S. A., & Turilina, V. Yu. (2013). Materialovedenie i termicheskaya obrabotka. Moscow. (in Russian).
15. Shevchenko, V. G. (2010). Osnovy fiziki sovremennykh kompozitsionnykh materialov. Moscow. (in Russian).
16. GOST 7025-91. Mezhgosudarstvennyi standart. Kirpich i kamni keramicheskie i silikatnye. Metody opredeleniya vodopogloshcheniya, plotnosti i kontrolya morozostoikosti. (in Russian).
17. GOSTR 57921-2017. Kompozity polimernye. Metody ispytaniy. Obshchie trebovaniya. (in Russian).
18. GOST 25.602-80. Raschety i ispytaniya na prochnost'. Metody mekhanicheskikh ispytaniy kompozitsionnykh materialov s polimernoj matritsei (kompozitov). (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 15.11.2020 г.*

*Принята к публикации
20.11.2020 г.*

Ссылка для цитирования:

Ибраимов Т. К., Ташполотов Ы. Технология получения композиционных материалов на основе многокомпонентного техногенного сырья // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. №12. С. 274-280. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/61/29>

Cite as (APA):

Ibraimov, T., & Tashpolotov, Y. (2020). Technology for Producing Composite Materials Based on Multi-component Man-generic Raw Materials. *Bulletin of Science and Practice*, 6(12), 274-280. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/61/29>