

# Материаловедение

УДК 621.762

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ПОТОКОМ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ДИСКРЕТНЫХ ЧАСТИЦ

*С.Е. Алексенцева*

Самарский государственный технический университет  
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

*Исследованы используемые в настоящее время принципиальные схемы обработки материалов потоком высокоскоростных порошковых частиц, разогнанных энергией взрыва заряда взрывчатого вещества и реализующих эффект сверхглубокого проникания. Показана эффективность взрывных схем метания потоков частиц на основе кумулятивного эффекта и торцевого метания с точки зрения минимизации расходной массы порошковой навески, однородности потока и площади однократной обработки заготовки. Разработана новая принципиальная схема обработки материалов в режиме сверхглубокого проникания за счет конфигурации нижнего торца заряда взрывчатого вещества в виде сферического сегмента, позволяющего осуществить метание частиц в виде расширяющегося конуса, увеличивая площадь обработки и однородность плотности потока. Метод позволяет обеспечить объемное микролегирование металлической заготовки и повысить прочностные характеристики.*

**Ключевые слова:** *высокоскоростной поток порошковых частиц, металлическая заготовка, сверхглубокое проникание, эффективность обработки.*

Обработка материалов высокоэнергетичными потоками является наиболее эффективной и перспективной областью технологий по созданию материалов с новыми уникальными свойствами. К данной области относится метод обработки металлов и сплавов потоком высокоскоростных дискретных частиц, разогнанных энергией взрыва в режиме сверхглубокого проникания частиц (СПП частиц), что обеспечивает микролегирование материалов в объеме заготовки и упрочнение. Эффект СПП реализуется в интервале метания скоростей частиц 1–3 км/с при давлении соударения частиц с преградой 10–15 ГПа и более, плотности потока около 1 г/см<sup>3</sup>, что обеспечивает проникание частиц (дисперсностью порядка 100 мкм) в металлы и сплавы на глубину более сотен размеров частиц [1].

**Задачи и обоснование необходимости исследования и разработки.** Изначально эффект СПП был открыт и реализован с помощью взрывных ускорителей за счет кумулятивного эффекта, где расходная навеска порошковых частиц размещалась в кумулятивной выемке заряда взрывчатого вещества (ВВ), как, например, показано в работе [2]. В данном методе реализации СПП при иници-

---

*Светлана Евгеньевна Алексенцева (к.ф.-м.н., доц.), доцент кафедры «Технология твердых химических веществ».*

ровании заряда ВВ порядка 10–15 % порошковой навески переходит в рабочую высокоскоростную струю 1 (рис. 1) со скоростью  $0,3–0,5 D$ , где  $D$  – скорость детонации взрывчатого вещества, используемого в ускорителе, причем плотность не превышает  $1–1,5 \text{ г/см}^3$ . Основная часть (40–60 %) расходной части порошка 2 имеет скорость  $0,1–0,3 D$  и соответствует значению менее 1 км/с при плотности потока  $2–4 \text{ г/см}^3$ . Остальная часть порошка формируется в виде песта 3 с еще меньшей скоростью. При этом в конструкции кумулятивного ускорителя применяется отсечение низкоскоростной части кумулятивной струи.

Поставлена задача повысить эффективность обработки материалов в режиме СГП.

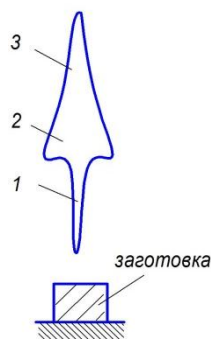


Рис. 1. Формирование струи порошковых частиц за счет кумулятивного эффекта:  
1 – высокоскоростная струя; 2 – основная часть потока; 3 – пест

### Результаты работы

По результатам ранее проведенных исследований [3] показано, что повышение плотности потока высокоскоростных частиц не приводит к увеличению концентрации проникающих частиц. Наиболее эффективной плотностью с точки зрения проникающей способности частиц является  $1 \text{ г/см}^3$  или несколько менее. Поэтому наиболее эффективным является переход от формирования сложной кумулятивной струи к метанию потоком с необходимой плотностью. Данные требования реализованы по нескольким схемам – метание частиц торцевым способом (обстрел частицами под разными углами к обрабатываемой поверхности, в том числе косо ударной волной) и с помощью канальных зарядов ВВ.

Наибольший эффект был достигнут при обработке материалов по методу торцевого метания частиц энергией взрыва заряда ВВ, при этом поток высокоскоростных порошковых частиц формируется в ориентирующем канале установки [1]. Для данного способа практически 100 % объема частиц формируются в поток с необходимыми энергетическими параметрами, имеются только технологические потери расходной массы порошка. В зависимости от вида элементов и соединений метаемых частиц достигается максимальная концентрации проникающих частиц 4–6 % в объеме заготовки.

Повышение эффективности обработки материалов в режиме СГП за счет разгона порошковых частиц энергией взрыва можно произвести по направлению увеличения площади однократной обработки, равномерности распространения потока и минимизации потерь расходной массы порошка.

Разработана новая ударно-волновая схема реализации СГП частиц, основанная на метании тонкого слоя порошковых частиц. Конструктивно схема включает заряд взрывчатого вещества, выполненного в нижней части в виде сегмента сферического с радиусом  $R$ , задаваемого расчетным соотношением высоты сег-

мента к диаметру заряда  $h/d$ . На нижнюю сферическую поверхность заряда наносят рабочий слой порошковых частиц, что обеспечивает после инициирования заряда формирование потока высокоскоростных дискретных частиц в виде метательного расширяющегося конуса в сторону заготовки и обработку с высокой равномерностью плотности и максимальной площадью обстрела заготовки частицами, реализуя эффект сверхглубокого проникания частиц.

Принципиальная схема установки обработки материалов показана на рис. 2. Электродетонатор 1 предназначен для инициирования заряда взрывчатого вещества 2. Рабочий порошковый слой 3 нанесен (возможно клеевым или прессовым способом) на нижнюю сферическую поверхность заряда ВВ. Заготовка 5 располагается в корпусе установки 4 на расчетном расстоянии. Максимальная площадь обработки обеспечивается сферической конфигурацией нижнего среза заряда ВВ в виде сферического сегмента с радиусом  $R$ . Необходимый радиус закругления  $R$  обеспечивается отношением высоты сферического сегмента к диаметру заряда ВВ в размерной области ориентировочно порядка  $0,05 < h/d < 0,2$ . Площадь нижнего основания конуса метаемых частиц соответствует площади поверхности заготовки 5.

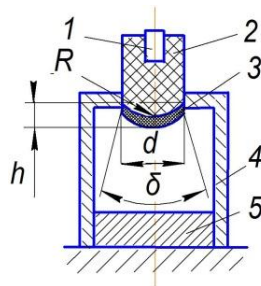


Рис. 2. Принципиальная схема установки, обеспечивающей СГП частиц с максимальным охватом площади обработки:

1 – детонатор; 2 – заряд ВВ; 3 – метаемый порошок; 4 – корпус; 5 – заготовка

Данная установка обеспечивает режимы сверхглубокого проникания частиц с применением заряда ВВ. Из основных бризантных ВВ применимы вещества с наибольшей скоростью детонации, чтобы обеспечить необходимую скорость метания частиц и их сверхглубокое внедрение. Скорость потока порошковых частиц (дисперсность порядка 1–100 мкм) составляет порядка 1–3 км/с. Плотность потока частиц – до 1,0 г/см<sup>3</sup>. Давление соударения с матрицей составляет порядка 10–20 ГПа. Обработанные материалы в результате совокупного действия метаемого потока частиц и ударно-волнового воздействия получают фрагментацию микроструктуры. При проникании частиц формируются схлопнувшиеся каналы размером около 1 мкм с наноструктурированной вокруг канала зоной и остатками материалов частиц. Данные режимы обработки также обеспечивают повышение твердости и прочности в 1,2–1,5 и более раз [4].

Установка обеспечивает эффективный угол разлета частиц порядка  $\delta = 60\text{--}70^\circ$ . Углы разлета частиц более  $90^\circ$  нецелесообразны, так как имеет место краевой эффект для заготовки, проявляющийся в том, что в краевых областях заготовки изменяется градиент треков частиц. Также может увеличиться доля холостого обстрела частицами, приходящаяся на боковые стенки установки 4.

Предлагаемая установка дает уход от больших однократных навесок метаемого вещества к многократным маленьким навескам, тем минимизируя эффект разрушения, вырывания и размывания поверхности исходной заготовки, получа-

емых от кумулятивных струй с большими навесками рабочего расходного порошка. В целом установка увеличивает площадь обработки частицами матрицы относительно кумулятивных ускорителей [2] на порядок и сокращает расходную массу порошка в несколько раз, обеспечивая эффект сверхглубокого проникания частиц и объемного микролегирования матрицы.

Основные выводы по работе:

1. Исследована эффективность основных динамических методов обработки материалов высокоскоростным потоком частиц в режиме СГП и показано, что наиболее эффективным является метание слоя частиц торцевым способом, формирующим поток необходимой плотности.

2. Предложена новая ударно-волновая схема обработки материалов в режиме сверхглубокого проникания частиц, обеспечивающая повышение эффективности однократной обработки за счет максимального охвата площади, однородности плотности потока и минимизации расходной массы порошка.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Алексенцева С.Е., Кривченко А.Л.* Исследование особенностей обработки металлов и сплавов высокоскоростным потоком дискретных частиц, разогнанных энергией взрыва канальных зарядов и другими динамическими методами // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2013. – № 2. – С. 71-78.
2. *Андилевко С.К., Дыбов О.А., Роман О.В.* Осесимметричный взрывной ускоритель с конической выемкой, заполненной порошком // ИФЖ. – 2000. – Т. 73. – № 4. – С. 797-801.
3. *Алексенцева С.Е., Кривченко А.Л.* Воздействие потока высокоскоростных дискретных частиц с различными характеристиками на металлы // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2014. – № 2(42). – С. 56-61.
4. *Aleksentseva S.E., Krivchenko A.L.* Materials for the biomedicine, received by processing metals the high-speed stream of the discrete the particles, generated by the shock wave // Shock Waves in Condensed Matter: Proc. of Int. Conf. – Kiev, Ukraine, 16–21 September. – 2012. – P. 435-438.

*Статья поступила в редакцию 15 января 2015 г.*

## **PINCH OF EFFICIENCY OF MACHINING OF MATERIALS FLOW OF HIGH-SPEED DISCRETE CORPUSCLES**

***S.E. Aleksentseva***

Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russia

*Circuit diagrammes of machining of materials now in use by a flow of the high-speed magnetic character corpuscles accelerated by energy of explosion of a charge, and implementing effect super-deep permeatings are explored. Efficiency of explosive plans of a throwing of particle fluxes on the basis of a cumulative effect and an end throwing from the point of view of minimisation of account mass of a magnetic character hinge fitting, uniformity of a flow and the square of single-valued machining is shown. The new circuit diagramme of machining of materials in a regime super-deep permeatings at the expense of a configuration of the lower back of a charge in the form of a globe calotte is developed, allowing to execute a throwing of corpuscles in the form of a dilated cone, increasing the square of machining and uniformity of fluence. The method allows to supply volumetric microalloying of metal preform and to increase strength properties.*

**Keywords:** *high-speed flow of magnetic character corpuscles, metal preform, super-deep permeating, efficiency of machining.*

УДК 543.226:541.123.7

## ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНОЙ ВЗАИМНОЙ СИСТЕМЫ K, Ca, Ba // F, WO<sub>4</sub> С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Е.А. Катасонова<sup>1</sup>, А.С. Трунин<sup>2</sup>, О.Е. Моргунова, К.Д. Суринский<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Самарский государственный технический университет  
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

<sup>2</sup> Самарская государственная областная академия (Наяновой)  
Россия, 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 196

E-mail: mail38@mail.ru

*Многокомпонентные системы – основа современного материаловедения. На их базе возможно создание разнообразных комбинаций с совокупностью заданных свойств. Современный уровень развития общества требует разработки более быстрых и экономичных технологий получения новых материалов. Для этого необходимо с минимумом затрат проводить исследования фазовых равновесий физико-химических систем. С использованием инновационных технологий осуществлена дифференциация четверной взаимной системы K, Ca, Ba // F, WO<sub>4</sub>. Построено древо фаз и доказана правильность его построения с применением дифференциального термического анализа. В системе имеется 3 бинарных соединения. Древо фаз имеет циклическую конфигурацию. Выявлено 7 фазовых единичных блоков.*

**Ключевые слова:** древо фаз, фазовый единичный блок, граф, развертка системы, стабильный треугольник.

Физико-химический анализ многокомпонентных систем является основой современного материаловедения. Коллективом авторов на основе комплекса Na, K, Ca, Ba // F, Cl, MoO<sub>4</sub>, WO<sub>4</sub> из 16 солей получено 96 авторских свидетельств на изобретения и патентов на разработку разнообразных материалов. Среди них: антифризы, электролиты для химических источников тока, низкоплавкие солевые смеси, экзотермические смеси, способы получения химических соединений, в том числе молибдата бария, фторида кальция, фторида стронция, фторида бария, вольфрамата кальция, молибдата кальция, хромата кальция, расплава для получения карбидного, молибденового покрытий, способ утилизации медьсодержащих отходов, теплоаккумулирующих смесей, способ получения рабочего тела для тепловых машин, устройства для дифференциального термического анализа и многие другие приложения, имеющие большое значение для современного материаловедения. На ряд последних авторских свидетельств и патентов в статье делаются ссылки [1–10].

Однако изучение многокомпонентных систем (МКС) трудоемко. В последние 15–20 лет расплавы солей являются объектом всесторонних исследований и находят все более широкое применение во многих областях промышленности [11–12]. В связи с этим разработка способов оптимизации исследования гетеро-

---

*Елена Анатольевна Катасонова, аспирант.*

*Александр Сергеевич Трунин (д.х.н., проф.), заведующий лабораторией СГОАН.*

*Ольга Евгеньевна Моргунова (к.х.н.), старший научный сотрудник.*

*Константин Дмитриевич Суринский, инженер кафедры «Геология и геофизика».*

генных физико-химических систем с целью снижения временных и материальных затрат является актуальной задачей.

Цель работы – на примере дифференциации четверной взаимной системы К, Са, Ва // F, WO<sub>4</sub> с использованием инновационных технологий [12–15] показать новую методологию исследования МКС, позволяющую разрабатывать новые материалы с комплексом ценных свойств.

Универсальный алгоритм инновационного исследования многокомпонентных взаимных систем представлен в табл. 1. На основе приведенного алгоритма создан программный комплекс, позволяющий автоматизировать процесс дифференциации и построения древ фаз МКС [13].

Ранее система К, Са, Ва // F, WO<sub>4</sub> была частично исследована [18–20], однако авторами она была заново изучена с использованием инновационных технологий.

Особенность настоящих исследований заключается в том, что дифференциация системы К, Са, Ва // F, WO<sub>4</sub> и построение древа фаз в настоящее время осуществляются автоматически с использованием программы [14]. Эксперимент сводится к единичному (подтверждающему). Для этого авторами использовано «Мобильное малогабаритное устройство дифференциального термического анализа (ММУ ДТА)» [16].

На рис. 1 представлены граф и развертка системы К, Са, Ва // F, WO<sub>4</sub>, а на рис. 2 – древо фаз, полученные с применением автоматизированного программного комплекса [14].

Таблица 1

**Универсальный алгоритм исследования многокомпонентных систем с использованием инновационных технологий**

Уровень	Содержание уровня
	Постановка задачи исследования
	Анализ исходных данных, разработка плана исследования, выбор программных продуктов
0	<i>Нулевой информационный уровень – база данных</i>
0.1	Моделирование фазовых равновесий систем низшей мерности с применением программного обеспечения
0.2	Сопоставление и анализ данных моделирования и эксперимента для ранее изученных систем
0.3	Проведение подтверждающего (уточняющего) эксперимента методом рентгенофазового анализа или дифференциального термического анализа на ММУ ДТА
0.4	Формирование и использование автоматизированных баз данных для реализации задач моделирования топологической структуры и метрики МКС
1	<i>Первый информационный уровень – качественное описание системы</i>
1.1	Дифференциация системы на фазовые единичные блоки (ФЕБы) с применением разработанных программных продуктов
1.2	Автоматическое построение древа фаз МКС
1.3	Проведение единичного подтверждающего (уточняющего) эксперимента методом рентгенофазового анализа или дифференциального термического анализа на ММУ ДТА
2	<i>Второй информационный уровень – количественное описание системы</i>
2.1	Расчет характеристик невариантных равновесий с применением разработанных алгоритмов и программных продуктов, проведение единичного подтверждающего (уточняющего) эксперимента на ММУ ДТА
2.2	Определение характеристик моновариантных равновесий с применением

Уровень	Содержание уровня
	разработанных алгоритмов и программ, проведение единичного подтверждающего (уточняющего) эксперимента на ММУ ДТА
2.3	Определение характеристик поливариантных равновесий расчетными или геометрическими методами с корректировкой по данным единичных экспериментов на ММУ ДТА
3	Построение модели фазового комплекса МКС

Система К, Са, Ва // F, WO<sub>4</sub> имеет двойные соединения: D<sub>8</sub> – KF\*K<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, D<sub>9</sub> – KF\*CaF<sub>2</sub>, D<sub>13</sub> – K<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>\*BaWO<sub>4</sub>.

Соединения D<sub>8</sub> и D<sub>9</sub> – конгруэнтного плавления, а соединение D<sub>13</sub> – инконгруэнтного плавления. Эти данные были использованы для дифференциации системы в соответствии с программой [100].

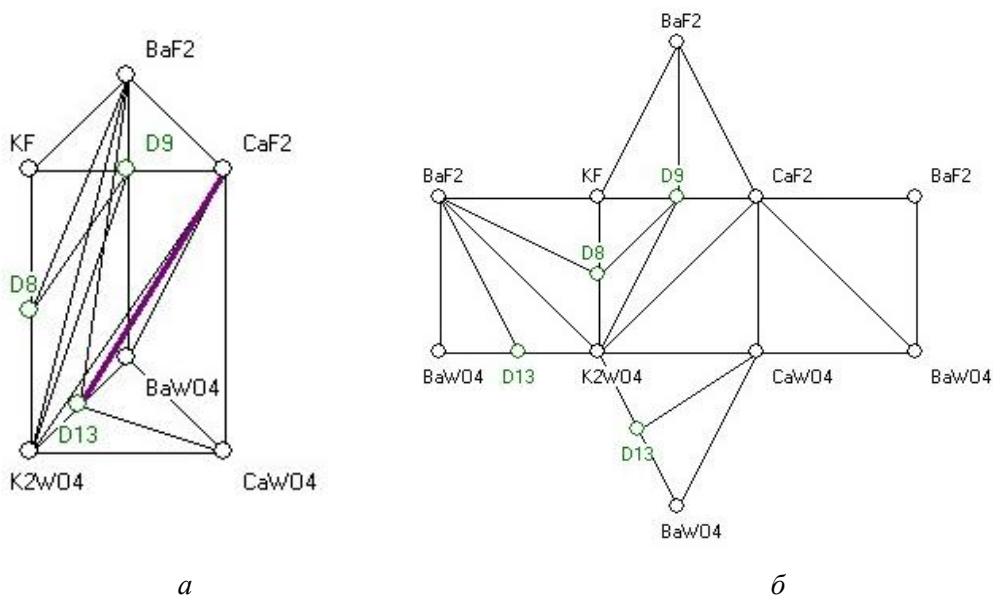


Рис. 1. Граф (а) и развертка (б) системы К, Са, Ва // F, WO<sub>4</sub>

С помощью программного комплекса выявлена внутренняя секущая CaF<sub>2</sub>–D<sub>13</sub> и семь фазовых единичных блоков (ФЕБов) (табл. 2), на основе которых в автоматизированном режиме строится древо фаз с указанием секущих элементов (рис. 2).

Таблица 2

Фазовые единичные блоки четырехкомпонентной системы К, Са, Ва // F, WO<sub>4</sub>

№	ФЕБ	№	
1	CaF <sub>2</sub> –CaWO <sub>4</sub> –K <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> –D <sub>13</sub>	5	BaF <sub>2</sub> –K <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> –D <sub>9</sub> –D <sub>8</sub>
2	CaF <sub>2</sub> –BaF <sub>2</sub> –K <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> –D <sub>13</sub>	6	BaF <sub>2</sub> –KF–D <sub>9</sub> –D <sub>8</sub>
3	CaF <sub>2</sub> –CaWO <sub>4</sub> –BaWO <sub>4</sub> –D <sub>13</sub>	7	BaF <sub>2</sub> –CaF <sub>2</sub> –K <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> –D <sub>9</sub>
4	CaF <sub>2</sub> –BaF <sub>2</sub> –BaWO <sub>4</sub> –D <sub>13</sub>		

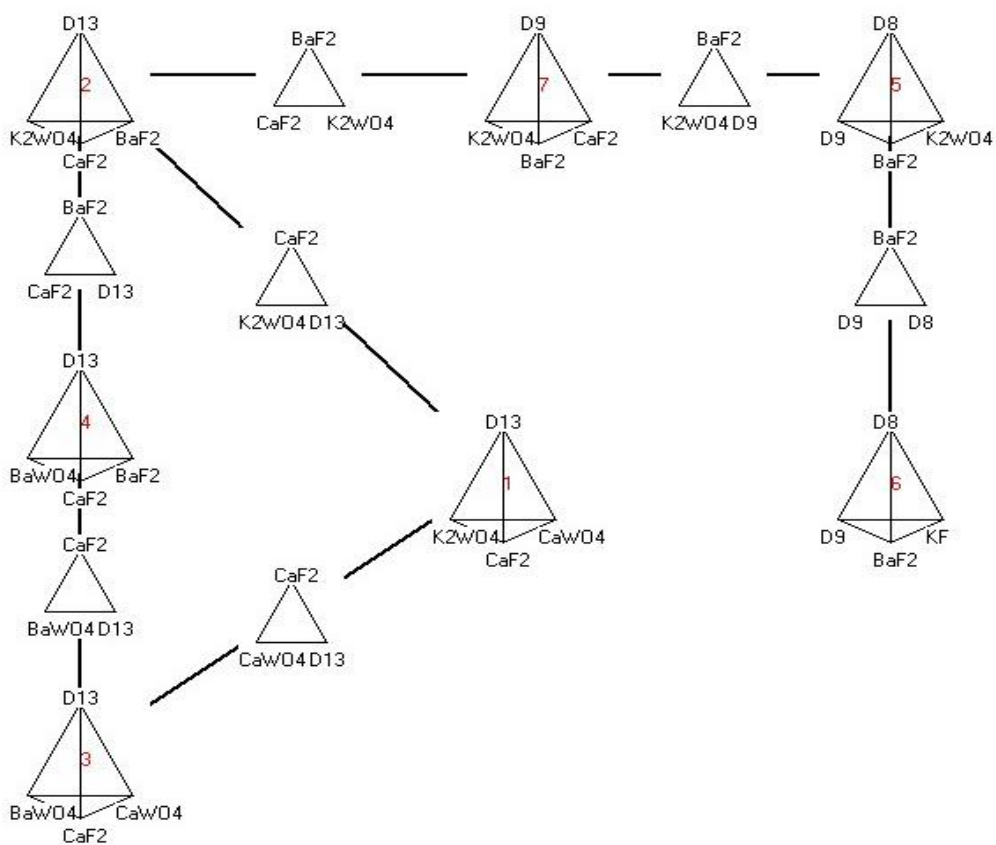


Рис. 2. Древо фаз системы K, Ca, Ba // F, WO<sub>4</sub>

Для подтверждения достоверности дифференциации и древа фаз системы K, Ca, Ba // F, WO<sub>4</sub> осуществлено исследование тройной эвтектики стабильного треугольника системы BaF<sub>2</sub> – CaF<sub>2</sub> – K<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> состава 44,5 % K<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, 46 % BaF<sub>2</sub> и 9,5 % CaF<sub>2</sub>, а методом ДТА подтверждена ее температура при 760 °С, что совпадает с данными [19].

Использование программного комплекса [14] и единичного (подтверждающего) эксперимента методом ДТА [15] на несколько порядков снижает трудоемкость исследования дифференциации и построения древ фаз четверных взаимных систем, что важно для исследования многокомпонентных солевых систем в целом, в том числе для разработки новых материалов и их патентования.

#### Выводы:

1. Физико-химический анализ многокомпонентных систем является основой современного материаловедения, однако их исследование является исключительно трудоемкой процедурой.

2. С помощью инновационных технологий проведена дифференциация четверной взаимной системы K, Ca, Ba // F, WO<sub>4</sub>. Древо фаз состоит из семи фазовых единичных блоков и имеет циклическую структуру.

3. В статье впервые приводится информация об эффективном использовании автоматизированного программного комплекса для дифференциации и построения древ фаз на примере реальной четырехкомпонентной взаимной



системы К, Са, Ва // F, WO<sub>4</sub>.

4. Разработан и апробирован аппаратно-программный комплекс «Мобильное малогабаритное устройство дифференциального термического анализа (ММУ ДТА)».

5. Показано, что важной составляющей инновационных методов исследования МКС является проведение единичного подтверждающего и уточняющего эксперимента методом ДТА.

6. Инновационные методы исследования МКС выводят процесс исследования на качественно новый инновационный уровень, значительно снижая затраты времени и труда на исследование топологии многокомпонентных взаимных солевых систем, и позволяют разрабатывать разнообразные материалы с комплексом ценных свойств.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.с. 1628793. Электролит для химического источника тока / Трунин А.С., Гаркушин И.К. (СССР). 1991.
2. А.с. 129912. Экзотермическая смесь / Гаркушин И.К., Трунин А.С. (СССР). 1992.
3. А.с. 1299126. Экзотермическая смесь / Гаркушин И.К., Трунин А.С. (СССР). 1992.
4. Патент 2109687. Способ получения изоморфных смесей из молибдатов и вольфраматов щелочноземельных элементов / Гасаналиев А.М., Гаматаева Б.Ю., Трунин А.С. (РФ). 1998.
5. Патент 2071448. Способ получения изоморфных купратов редкоземельных элементов / Гаркушин И.К., Космынин А.С., Трунин А.С., Штер Г.Е., Фотиев А.А., Балашов В.Л., Слободин Б.В. (РФ). 1999.
6. Патент 2131860. Способ утилизации медно-аммиачного раствора производства дивинила / Трунин А.С., Балашов В.Л., Космынин А.С., Игонтов В.Г., Кирьянова Е.В. (РФ). 1999.
7. А.с. 1730040. Способ получения вольфрамата кальция или молибдата кальция, или хромата кальция / Новикова О.Н., Гаркушин И.К., Трунин А.С. (СССР). 1992.
8. Патент 2157417. Способ утилизации медьсодержащих отходов / Балашов В.Л., Космынин А.С., Трунин А.С., Игонтов В.Г., Кирьянова Е.В. (РФ). 2000.
9. Патент 2166491. Способ утилизации медно-аммиачного раствора производства дивинила / Трунин А.С., Ктуманев А.Н., Космынин А.С., Игонтов В.Г., Ерёмин Ю.А. (РФ). 2001.
10. Патент на изобретение № 2230917. Зарегистрирован 20.06.2004. Способ получения рабочего тела для тепловых машин / Макаров А.Ф. (RU), Долженко В.А. (KZ), Трунин А.С. (RU).
11. *Гасаналиев А.М., Гаркушин И.К., Дибиров М.А., Трунин А.С.* Применение расплавов в современной науке и технике. – Махачкала, 2011. – 159 с.
12. *Трунин А.С.* Многокомпонентные солевые системы: методология исследования, достижения, перспективы (По материалам доклада на 68-х Курнаковских чтениях) / А.С. Трунин, О.Е. Моргунова // Журн. неорганической химии. – 2012. – Т. 57. – № 8. – С. 1243-1250.
13. *Моргунова О.Е.* Методология автоматизированного комплексного исследования многокомпонентных систем с применением моделирования и специализированного программного обеспечения // Сб. трудов X Междун. Курнаковского совещания по физико-химическому анализу. В 2 т. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – Т. 1. – С. 154–155.
14. Программный комплекс Dif Pro Generator (автоматизированный программный комплекс исследования четырехкомпонентных взаимных систем) / Чуваков А.В., Лукиных В.А., Котляров Н.В., Трунин А.С., Климова М.В., Моргунова О.Е., Будкин А.В. / Зарегистрировано в ОФАП 28.09.2005, № 5180. Код программы по ЕСПД 02068396.00008-01.
15. *Трунин А.С.* Комплексная методология исследования многокомпонентных систем. – Самара: Самар. гос. тех. ун-т, СамВен, 1997. – С. 164.
16. *Трунин А.С.* Мобильная малогабаритная установка дифференциального термического анализа с интерактивным управлением через ПК / А.С. Трунин, О.Е. Моргунова, Е.А. Катасонова, О.А. Грибенников, С.Е. Ломаева // Материалы IV Всероссийской с междун. участием научной Бергмановской конф. «Физико-химический анализ: состояние, проблемы, перспективы развития». – Махачкала: Дагестанский гос. пед. ун-т, 2012. – С. 76–79.
17. *Трунин А.С.* Дифференциальный термоанализатор нового поколения / Трунин А.С., Моргунова О.Е., Катасонова Е.А., Кастерина Т.В., Косинский П.В. // Сб. тр. XIV межд. конф. по термическому анализу и калориметрии в России 23-28 сентября 2013 г., С.-Петербург. гос. тех. ун-т. – СПб, 2013. – С. 409.

18. Трунин А.С. Принципы формирования, разработка и реализация общего алгоритма исследования многокомпонентных систем: Дисс. ... д. т. н. – Куйбышев, 1984. – Т. 2. – С. 115.
19. Сальников А.М., Воронин К.Ю. Четверная взаимная система К, Са, Ва // F, WO<sub>4</sub> // Актуальные проблемы современной химии: Тез. докл. 1-й Межвуз. науч.-техн. конф. – Куйбышев, 1981. – С. 31.
20. Гасаналиев А.М., Гаматаева Б.Ю., Ахмедова П.А., Хизриева П.А. Топология и фазовый комплекс системы К, Са, Ва // F, WO<sub>4</sub>. Термический анализ системы K<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>–BaF<sub>2</sub>–CaF<sub>2</sub> // Химия и химическая технология. – 2013. – Т. 56. – № 2. – С. 63-67.

Статья поступила в редакцию 8 мая 2014 г.

## DIFFERENTIATION OF FOUR-COMPONENT MUTUAL SYSTEM K, CA, BA // F, WO<sub>4</sub> BY USE OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES

*E.A. Katasonova*<sup>1</sup>, *A.S. Trunin*<sup>2</sup>, *O.E. Morgunova*, *K.D. Surinsky*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russia

<sup>2</sup>Samara State Regional Academy of Nayanova  
196, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443001, Russia

*Multicomponent systems are the foundation of up-to-date materials science. They enable creation of various combinations with a set of pre-set properties. The contemporary level of the society development demands the development of faster and more economical technologies for obtaining new materials. To do it, conducting research into phase equilibria physicochemical systems with minimum expense is necessary. Using innovative technologies, the differentiation of a K, Ca, Ba //F, WO<sub>4</sub> fourfold mutual system is carried out. The tree of phases is constructed and correctness of its construction is proved by applying of the differential thermal analysis. The tree of phases has a cyclic configuration. 7 phase single blocks are revealed.*

**Keywords:** *tree of phases, phase single block, count, system development, stable triangle.*

---

*Elena A. Katasonova, Postgraduate Student.  
Alexander S. Trunin (Dr. Sci. (Chem.)), Professor.  
Olga E. Morgunova (Ph.D (Chem.)), Senior Research.  
Konstantin D. Surinsky, Engineer.*