

залегания. Решение данной задачи для предприятий ГК республики, перерабатывающих сложное по составу казахстанские полиметаллические руды, представляет большое практическое значение, так как эта задача тесно связана с вопросами ресурсосбережения и комплексности использования сырья.

Заложенные в приборе технические параметры и характеристики позволяют не только решать данную задачу, но и обеспечить определение содержания серебра в рудах естественного залегания, начиная с самых нижних ее пределов – с 5 г/т. Безусловно, такое решение в значительной мере повышает конкурентоспособность прибора перед зарубежными аналогами.

Основные характеристики прибора:

- SDD детектор площадью **25 мм<sup>2</sup>** с термоохлаждением и энергетическим разрешением **130 эВ**;

- малогабаритный рентгеновский излучатель **50 кВ, 4 Вт**;

- цифровой сигнальный процессор, обеспечивающий входную загрузку до **200 кГц**;

- мертвое время режектора наложений **50 нс**;

- селекция по форме импульса;

- площадь сбора аналитической информации более **3 см<sup>2</sup>**;

- диапазон определяемых элементов от **Al** до **U** в воздушной атмосфере;

- одновременное определение более **30 элементов**;

- интервал определяемых содержаний от предела обнаружения до **100 %**;

- предел обнаружения для большинства рудных элементов – **10<sup>-4</sup>–10<sup>-3</sup> %**;

- время измерения от **5 с**;

- полностью автоматизированный режим работы;

- сохранение данных – запись результатов анализов, спектров, режимов работы прибора и т.д. с возможностью передачи этой информации по USB порту в персональный компьютер;

- время непрерывной работы прибора без подзарядки аккумуляторов не менее 4 часов, с возможностью горячего подключения дополнительных аккумуляторов;

- пыле-, влагозащищенный корпус;

- масса прибора не более **1,2 кг**.

Конкурентные преимущества прибора:

- ➔ Использование разработанного блока возбуждения и детектирования обеспечивает гибкость в выборе площади сбора аналитической информации, высокую светосилу (входная загрузка более 100 кГц) и чувствительность анализа для широкого круга элементов;

- ➔ Разработанное мощное методическое и программное обеспечение позволяет:

- для учета матричных эффектов использовать фундаментальные алгоритмы, в том числе и для рассеянного излучения, учитывающие

изменение геометрических условий измерения при вариациях вещественного состава и плотности анализируемых образцов;

- точно определять функцию отклика каждого детектора, а также спектральный состав возбуждающего излучения;

- очищать спектр от двойных и тройных наложений;

- восстанавливать спектр вторичного излучения с использованием нелинейного метода наименьших квадратов с учетом зависимости относительных интенсивностей характеристических линий от вещественного состава, что обеспечивает точное нахождение истинных интенсивностей аналитических линий элементов;

- ➔ Оперативный выбор режимов опробования;

- ➔ Использование беспроводных технологий значительно упрощает работу оператора;

- ➔ Легко настраивается на необходимую аналитическую задачу с помощью мощного аналитического пакета программного обеспечения лабораторных приборов;

- ➔ Прибор максимально адаптирован к решению аналитических задач, стоящих перед предприятиями горно-металлургического комплекса Казахстана;

- ➔ Использование в качестве микрокомпьютера смартфонов последнего поколения обеспечивает высокое быстродействие, гибкость программного обеспечения, а также дополнительные возможности документирования результатов опробования (фотографирование, определение координат, оперативная передача данных при наличии сети);

- ➔ Защита от несанкционированного использования (многоступенчатая система доступа);

- ➔ Мощная методическая поддержка, обучение и переподготовка инженерно-технических работников предприятий;

- ➔ Малые габариты и вес прибора (< 1,2 кг);

- ➔ Высокая прочность и защищенность прибора, простота в эксплуатации и, как следствие, минимальные требования к квалификации оператора;

- ➔ Доступность сервисного обслуживания;

Полученные в рамках создания макета прибора результаты комплексных системных исследований позволяют расширить круг дальнейших разработок в направлении создания новых модификаций рентгенофлуоресцентных приборов для нефтехимического и уранового производства республики.

#### Список литературы

1. Досмухамедов Н.К., Лезин А.Н. Разработка отечественных приборов аналитического контроля для предприятий горно-металлургического комплекса Казахстана // Горный журнал Казахстана. – 2011. – № 10. – С. 28–35.

2. Досмухамедов Н.К., Лезин А.Н., Баденко А.М., Токенов Н.М. Пути повышения безопасности горношахтных работ: новая бесконтактная технология опробования руд // Горный журнал Казахстана. – 2012. – № 9. – С. 31–37.

3. Dosmuhamedov N., Lezin A., Tokenov N. Ecoanalytics in mining metallurgy // Internationaler Kongress Fachmesse EURO-ECO, Hannover, (Germany), 29-30 November, 2012. – P. 44–45.

*Химические науки*

**УЛЬТРАДИСПЕРСНЫЕ МОДИФИКАТОРЫ  
ДЛЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ**

Иванов В.В.

*Южно-Российский государственный технический  
университет (Новочеркасский политехнический  
институт), Новочеркасск,  
e-mail: valivanov11@mail.ru*

Предложены количественные критерии выбора ультрадисперсных материалов, которые могут быть использованы как эффективные модификаторы для получения антифрикционных композиционных Ni-P покрытий [1]. В качестве модифицирующих добавок проанализирована возможность использования простых оксидов  $Al_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$  со структурой типа корунда и  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$  со структурой типа рутила, а также металлических порошков Ti, Zr с гексагональной структурой типа магния, порошков Cr, Mo, W, V, Ta с кубической структурой типа вольфрама, наноалмазного порошка и ультрадисперсного нитрида бора. Для получения эффективных композиционных никель-фосфорных покрытий кроме дисперсных материалов использовали твердые смазочные материалы, в частности политетрафторэтилен, дисульфид молибдена (IV) (гекс.) и графит.

При трении для всех дисперсных материалов предполагались процессы деагрегации микрочастиц и их диспергирование до образования наночастиц. В частности, для покрытий, модифицированных наноалмазом, предполагалось разрушение агрегатов углеродсодержащих наночастиц, «графитизация» их поверхностных оболочек и образование «ядер» в виде фуллереноподобных наноструктур (в том числе и малых фуллеренов) диаметром до 0,7 нм [1–3]. Для покрытий, модифицированных VN, неметаллические компоненты композиции окисляют металл композиции с образованием ультрадисперсных фаз соответствующих низкобористых соединений [2]. Для вероятных наночастиц C и BN с фуллереноподобными оболочками, в частности  $C_n$  ( $n = 18, 20, 24, 30, 36, 45, 48, 54, 60$ ), определены возможные изосимметричные и деформационные модификации, которые могут быть получены при непрерывной трансформации исходных симметричных фуллеренов [4–9].

Свойства указанных выше композиционных покрытий рассчитаны в соответствии с синергической моделью [1, 2]. Сравнительным анализом с аналогичными данными для композиционных Ni-P покрытий с модификаторами  $MoS_2$  (гекс.) и C (графит) установлена их потенциальная эффективность для повышения износостойкости и антифрикционности. Расчетные данные косвенно подтверждают, в частности, результаты

трибологических испытаний соответствующих антифрикционных покрытий, полученных с использованием наночастиц BN [1, 2], ультрадисперсного  $Al_2O_3$  и наноалмазного порошка [3].

**Список литературы**

1. Химическое наноконструирование композиционных материалов и покрытий с антифрикционными свойствами / И.Н. Щербаков, В.В. Иванов, В.Т. Логинов, и др. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки», 2011. – 132 с.
2. Иванов В.В., Щербаков И.Н. Моделирование композиционных никель-фосфорных покрытий с антифрикционными свойствами. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион», 2008. – 112 с.
3. Поиск эффективных модификаторов для получения композиционных Ni-P покрытий с антифрикционными свойствами / П.Д. Дерлугян, В.В. Иванов, И.В. Иванова, и др. // Соврем. наукоемкие технологии. – 2013. – № 5. – С. 21–24.
4. Иванов В.В. Вероятные изосимметричные и деформационные модификации фуллерена  $C_{30}$  // Успехи соврем. естествознания. – 2013. – № 7. – С. 82–84.
5. Иванов В.В. Вероятные изосимметричные и деформационные модификации фуллерена  $C_{36}$  // Успехи соврем. естествознания. – 2013. – № 7. – С. 85–87.
6. Иванов В.В. Вероятные изосимметричные и деформационные модификации фуллерена  $C_{18}$  // Успехи соврем. естествознания. – 2013. – № 8. – С. 131–133.
7. Вероятные изосимметричные и деформационные модификации фуллеренов с оболочками пентагональной ветви классификации в антифрикционных композиционных покрытиях / П.Д. Дерлугян, В.В. Иванов, И.В. Иванова, и др. // Соврем. наукоемкие технологии. – 2013. – № 4. – С. 26–29.
8. Вероятные изосимметричные и деформационные модификации фуллеренов с оболочками тетраэдрической ветви классификации в антифрикционных композиционных покрытиях / П.Д. Дерлугян, В.В. Иванов, И.В. Иванова, и др. // Соврем. наукоемкие технологии. – 2013. – № 4. – С. 30–33.
9. Вероятные изосимметричные и деформационные модификации фуллеренов с оболочками октаэдрической ветви классификации в антифрикционных композиционных покрытиях / П.Д. Дерлугян, В.В. Иванов, И.В. Иванова, и др. // Соврем. наукоемкие технологии. – 2013. – № 5. – С. 25–28.

**ФРАКТАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ  
КАК ВОЗМОЖНЫЕ АБСТРАКЦИИ  
САЙЗ-РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФАЗ  
И КОНФИГУРАЦИЙ МЕЖФАЗНЫХ  
ГРАНИЦ НА ПОВЕРХНОСТИ  
АНТИФРИКЦИОННЫХ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ**

Иванов В.В.

*Южно-Российский государственный технический  
университет (Новочеркасский политехнический  
институт), Новочеркасск,  
e-mail: valivanov11@mail.ru*

В соответствии с концепцией синергизма свойств фаз твердой и смазочной компонент композиционных покрытий разработана модель, учитывающая влияние химического и фазового состава, микроструктурных характеристик фаз твердой компоненты покрытия и особенностей конфигурации межфазных границ на трибологические свойства поверхности [1–3]. Квазифрактальные структуры в 2D-пространстве в данных работах рассматриваются как возможные