

Конвейерный анализатор, работающий по методу меченых нейтронов

РЕФЕРАТ. Обсуждаются характеристики конвейерного анализатора АГП-К, работающего по методу меченых нейтронов. Анализатор позволяет получать данные об элементном составе материала на конвейере каждые 40 с. Метод меченых нейтронов состоит в облучении вещества быстрыми нейтронами с энергией 14 МэВ и регистрации характеристического γ -излучения от реакций неупругого рассеяния нейтронов. Приведены результаты применения АГП-К для элементного анализа материалов.

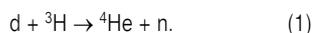
Ключевые слова: конвейерный анализатор, метод меченых нейтронов, элементный анализ.

Keywords: conveyor analyser, tagged neutron method, elemental analysis.

Метод меченых нейтронов

Сегодня стандартный метод контроля за элементным составом вещества на конвейере — это отбор проб с последующим их химическим анализом. Главный недостаток такой методики — достаточно длительное время анализа, которое может достигать нескольких часов. Конвейерный анализатор АГП-К, разработанный ООО «Диамант», позволяет получать данные об элементном составе вещества на конвейере каждые 40 с. Принцип действия анализатора состоит в облучении материала на конвейере потоком быстрых меченых нейтронов с энергией 14 МэВ и регистрации

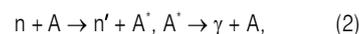
γ -квантов от реакций неупругого рассеяния. Источником быстрых нейтронов служит портативный нейтронный генератор, в котором происходят столкновения дейтронов с тритиевой мишенью:



В этой реакции генерируются две частицы, которые разлетаются практически в противоположных направлениях (рис. 1). Поэтому если зарегистрировать α -частицу (ядро ${}^4\text{He}$), то можно точно узнать направление, в котором полетел образовавшийся совместно с ней

нейтрон. Эта процедура называется мечением нейтрона.

Меченый нейтрон, попадая в вещество, индуцирует реакции неупругого рассеяния следующего типа:



при протекании которых возбуждение ядра A снимается путем испускания γ -квантов. Энергетический спектр γ -квантов каждого элемента уникален и служит своеобразными «отпечатками пальцев», позволяющими идентифицировать тот или иной элемент.

На рис. 2 показан спектр γ -квантов, испускаемых при облучении агломерационной

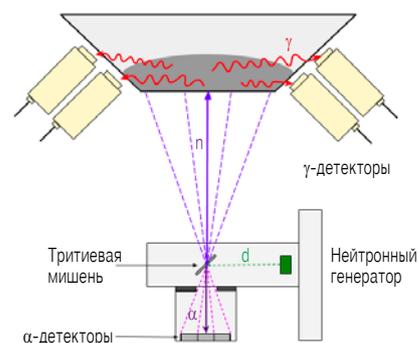


Рис. 1. Общая схема метода меченых нейтронов

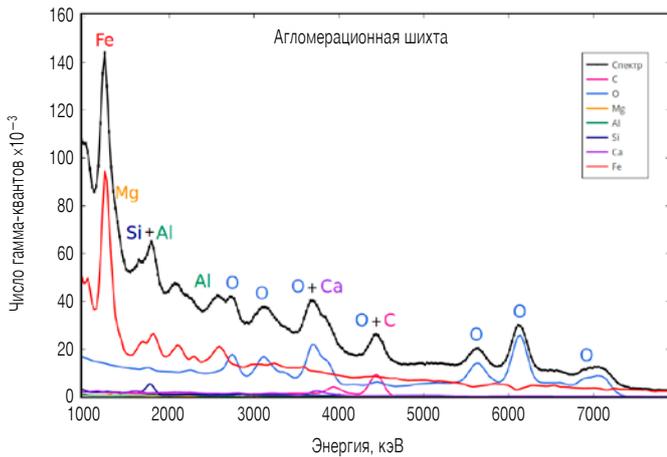


Рис. 2. Энергетический спектр γ -квантов, испускаемых при облучении агломерационной шихты

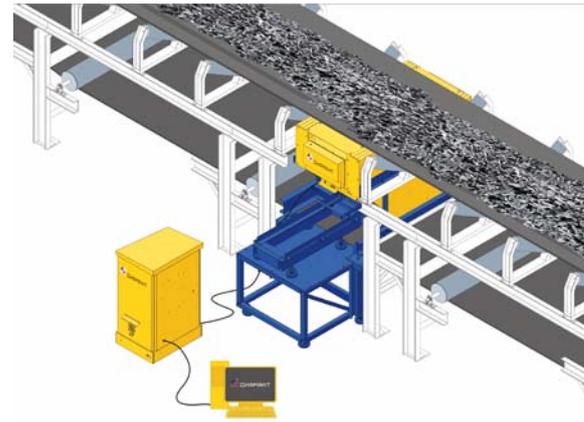


Рис. 3. Общая схема конвейерного анализатора АГП-К

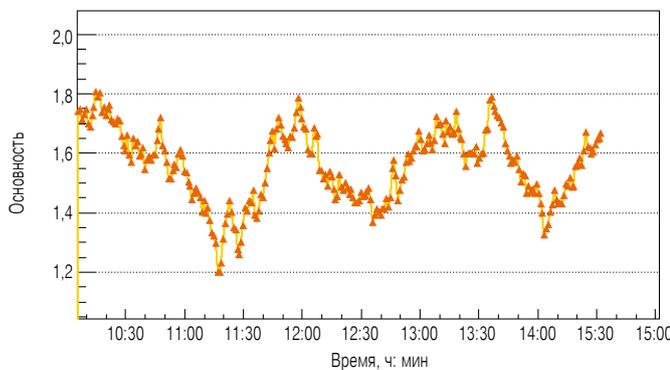


Рис. 4. Изменение основности агломерационной шихты со временем

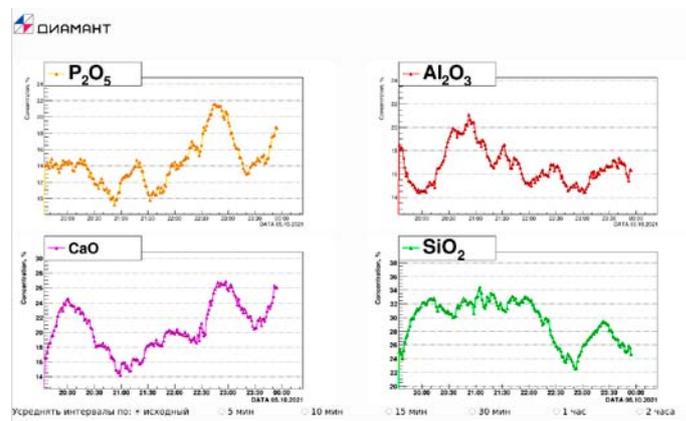


Рис. 5. Изменение концентраций элементов в апатитовой руде (в пересчете на оксиды) со временем

шихты. Хорошо видны линии, обусловленные вкладом отдельных элементов. По соотношению между интенсивностями пиков можно определить относительные концентрации элементов, входящих в состав вещества на конвейере. γ -кванты регистрируются сцинтилляционными детекторами на основе кристалла $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ (BGO).

Конвейерный анализатор

Нейтронный генератор размещается под лентой конвейера (рис. 3), там же располагаются блоки с γ -детекторами. Такая схема очень удобна для встраивания анализатора в действующий конвейер.

Для генерации нейтронов используется портативный нейтронный генератор. Это миниатюрный ускоритель, размером около 30 см, ускоряющий дейтроны до энергии порядка 100 кэВ.

В конвейерном анализаторе АГП-К, разработанном ООО «Диамант», используется нейтронный генератор ИНГ-27 производства ФГУП «ВНИИА им Н.Л. Духова» со встроенным α -детектором. Отметим, что эта организация является одним из ведущих мировых производителей нейтронных генераторов. Даже на марсоходе НАСА Curiosity был уста-

новлен нейтронный генератор ее производства, который проработал в марсианских условиях в штатном режиме более 6 лет.

Важным отличием потокового анализатора с нейтронным генератором от установок с радиоактивным источником нейтронов типа ^{252}Cf является возможность выключить излучение при проведении каких-либо работ по обслуживанию конвейера вблизи от места размещения анализатора. Например, можно установить блокировку излучения при прохождении сотрудника мимо анализатора. Это полностью решает вопросы радиационной безопасности.

Важная особенность АГП-К — постоянство интенсивности нейтронного генератора. Она полностью контролируется и не меняется в течение срока службы нейтронной трубки. Таким образом, уровень аналитических характеристик остается неизменным. Эта стабильность устраняет необходимость кропотливых и дорогостоящих рутинных калибровок анализатора, которые требуются для систем на основе радиоактивных изотопов.

Быстрые нейтроны имеют большую проникающую способность, поэтому конвейерный анализатор АГП-К позволяет определить элементный состав материала на конвейере

в слое глубиной до 300 мм. Рентгеновские или лазерные поточные анализаторы дают сведения только о поверхностном слое вещества на конвейере, толщина которого составляет несколько миллиметров.

В настоящее время конвейерный анализатор АГП-К используется для анализа агломерационной шихты и апатитовой руды. Интерфейс анализатора агломерационной шихты показывает в реальном времени тренды изменения основности (рис. 4), вычисляемой для агломерационной шихты как соотношение CaO/SiO_2 , а также элементных концентраций (в том числе в пересчете на оксиды) CaO , SiO_2 , MgO , Al_2O_3 , $\text{Fe}_{\text{общ}}$, C . Для апатитовой руды определяется содержание P_2O_5 , SiO_2 , MgO , $\text{Fe}_{\text{общ}}$, Al_2O_3 , CaO , C , TiO_2 , Na_2O , K_2O (рис. 5).

Определение концентраций различных химических элементов в движущемся на конвейере веществе позволяет полностью автоматизировать дозирование материалов. Анализатор АГП-К, по сути, представляет собой элементарный датчик, который может быть встроен в практически любую технологическую схему для предоставления данных об управлении производством и его цифровизации.