

8. Aksenov V.V., Beglyakov V.Y., Kazantsev A.A., Doroshenko I.V. Substantiating Ways of Load Application When Modeling Interaction of a Multiincisal Mining Machine Actuator With Rocks // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 127 (2016) 012032 doi:10.1088/1757-899X/127/1/012032
9. <https://www.canadianundergroundinfrastructure.com/article/28716/robbins-double-shield-tunnel-boring-machine-is-conquering-the-himalayas> Robbins Double Shield tunnel boring machine is conquering the Himalayas. – July 26, 2018
10. <https://www.canadianundergroundinfrastructure.com/article/22320/rossaga-main-beam-sets-norwegian-milestone> Røssåga Main Beam sets Norwegian milestone – December 17, 2015
11. Федунец Б.И., Мазеин С.В. Оснащение щита для минимизации осадки земной поверхности грунтопригрузом тоннелепроходческого механизированного комплекса // Метро и тоннели. – 2016. – №2. – С.4-6.
12. Мазеин С.В., Прудников А.Д., Лехт В.В. Проектные решения по минимизации осадки земной поверхности грунтопригрузом тоннелепроходческого механизированного комплекса // Метро и тоннели. – 2016. – №3. – С.6-9.
13. Казанцев А.А. Создание опытного образца геохода. План-график реализации основной стадии проекта // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор Д.М. Дубинкин. 2018. С. 223-227.
14. Казанцев А.А. Создание опытного образца геохода. Временной фактор изготовления компонентов и их сборки в конечное изделие // Инновационные технологии в машиностроении Сборник трудов IX Международной научно-практической конференции. 2018. С. 273-276.

#### К ВОПРОСУ О КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФЕРРОСИЛИЦИЯ

*Е.П. Теслева, к. ф.- м. н., доц., К.В. Кожевникова, студ.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета,  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

**Аннотация.** Рассматривается использование портативных анализаторов металлов для контроля качества продукции при производстве ферросилиция.

**Ключевые слова:** производство ферросилиция, контроль качества ферросилиция, портативный анализатор металлов.

**Abstract.** The use of portable metal analyzers for product quality control in the production of ferrosilicon is considered.

**Keyword:** production of ferrosilicon, ferrosilicon quality control, portable metal analyzer.

В процессе эксплуатации печи при производстве ферросилиция возможны различные отклонения от нормального режима работы печи. Каждое технологическое расстройство печи сопровождается повышенным потреблением электроэнергии, а так же отклонениями в качестве и количестве выплавляемого ферросилиция. Это связано с большим количеством комбинаций дестабилизирующих факторов, которые приводят к технологическому расстройству печи.

Например, на потребление энергии и скорость плавки влияет режим работы электродов, состав шихты, посадка электродов, и еще более двух сотен параметров [1]. Достижение наилучшего режима работы затруднено из-за большой инерционности схода шихты. Получение оптимальных режимов работы может быть достигнуто ручным вмешательством технологов предприятия в процесс работы печи. На любом предприятии известны параметры оптимального режима работы печи, но часто, при значительном износе оборудования, из-за несвоевременного получения результатов химического анализа выплавленного металла, недостаточной способности оценить влияние множества факторов, отсутствия прогнозирования ситуации и ее последствий – решения, которые принимают специалисты, не позволяют достигать необходимых показателей производства.

Контролер на печах контролирует чистоту отбора проб, зачистку изложниц, укладку блочков, сбор, подготовку, маркировку проб, контроль металла после сбора в тару по выпускам с занесением в технологические журналы. В его обязанности входит доставка проб в экспесс-лабораторию инженерного корпуса и др. Результат на влагу и кремний возможно получить быстро в экспесс-

лаборатории при цехе, все остальные показатели определяются в рентгеноспектральной лаборатории, причем анализ на кальций, выполняется только в дневное время.

Таблица 1

Химические элементы, указываемые в сертификате качества  
на ферросилиций марки ФС70

Химический состав, %							
Si	Cr	Mn	Al	C	Ca	S	Ti
72,7	0,116	0,205	0,2	0,017	0,1	0,003	0,116

Например, согласно технологической инструкции, во время выпуска металла из печи производится отбор проб ферросилиция для технологического контроля химического состава исходного металла. Из печи отбирается две пробы: для определения «горячего» содержания кремния и для определения «горячего» содержания алюминия и кальция данного выпуска. Массовая доля кремния определяется лаборантом экспресс-лаборатории, находящейся непосредственно в цехе (время определения несколько минут). Пробу на алюминий и кальций контролер отдела технического контроля относит в рентгеноспектральную лабораторию, которая располагается вне цеха с периодичностью один раз за два выпуска. В результате оперативность получения результатов химических анализов снижается, занимая до 3,5 часов, в том числе и из-за отсутствия пневмопочты, поэтому корректировка отклонения хода печи, а так же несоответствие выплавляемого металла по таким важным показателям как алюминий и кальций, оговариваемые заказчиками, откладывается на несколько выпусков.

Возникает необходимость, не увеличивая численность контролирующего персонала, ускорить процесс получения результатов анализа выплавляемого металла, а также повысить качество отгружаемой готовой продукции и сырья используемого для футеровки печей.

Для решения данной проблемы можно использовать портативные устройства контроля (анализаторы). Производители приборов контроля предлагают множество портативных устройств, которые можно использовать как для моментального контроля выплавки, а значит своевременного обнаружения технологических расстройств печи, и корректировки хода, так и для контроля качества готовой продукции на этапе дробления, тарирования и погрузки. Данные устройства дают возможность полностью исключить вероятность попадания металла не соответствующего требованиям контрактов и договоров и соответствующих претензий потребителей, как следствие – сохранить положительную репутацию предприятия на рынке металлов.

Принцип работы портативных устройств практически не отличается от стационарных. Однако стационарные устройства громоздкие и требуют специальных навыков обращения. Научится же работать с портативными устройствами проще. Вес таких приборов небольшой, в среднем 1,5–2 кг, заряженной батареи хватает на непрерывную работу в течение нескольких часов. Прибор снабжен жидкокристаллическим дисплеем, на котором отражается информация о составе в виде обозначений, используемых в химии. У приборов есть возможность хранить и накапливать информацию, в том числе, результаты выполненных анализов и фотографии. Существует два основных вида анализаторов металлов и сплавов:

- лазерный, использующий метод оптической эмиссионной спектроскопии;
- рентгеновский, использующий метод рентгеновской флуоресцентной спектроскопии [2].

Стоимость анализаторов зависит от нескольких основных параметров:

- тип устройства,
- точность,
- набор элементов, которые измеряет прибор,
- страна-производитель.

Самые дорогие приборы – японские и европейские, высокая цена на которые объясняется не только стоимостью производства, но также новейшими технологиями, таможенными сборами и статусом. Лидеры продаж [3]:

«Olympus Corporation» – японская компания, специализирующаяся на изготовлении оптики, фототехники, высококачественного оптического оборудования. Анализаторы данной фирмы пользуются популярностью, так как считается надежными и находятся в средней ценовой категории [4].

«FPI» (Focused Photonics Inc) – китайская компания, специализирующаяся на производстве систем для контроля за экологией окружающей среды. Портативные анализаторы металлов данной фирмы также пользуются спросом, потому что несколько дешевле, чем у основных конкурентов.

«Bruker» – немецкая компания, хорошо известный производитель оборудования для молекулярного анализа и исследования состава материала. Оборудование данной фирмы высокого качества и широко представлено на рынке России.

Существует также ряд отечественных производителей, занимающихся разработкой и производством анализаторов, которые стоят заметно дешевле:

НПП «Структурная Диагностика» разработала отечественный анализатор – спектрометр металлов ЛИС-01 [5].

«Лазер-Экспорт» – ручной анализатор металлов и сплавов ЭЛАНИК, способный измерять концентрацию углерода (до 0,01%) в сталях одновременно с другими элементами на воздухе, без использования инертного газа [6].

«Южполиметалл-Холдинг» выпускает портативный спектрометр МетЭксперт для измерения массовой доли химических элементов в металлах и сплавах, в том числе магниевых, алюминиевых, нержавеющей, конструкционных, специальных изделий [7].

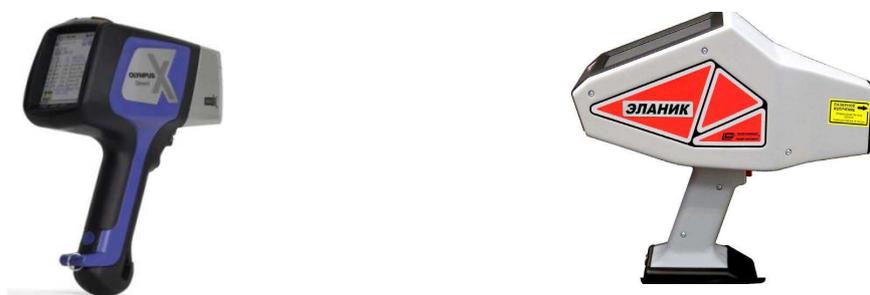


Рис. 1. Анализаторы Olympus DELTA Element (Япония) и Эланик (Россия)

Таким образом, использование портативных анализаторов металлов дает возможность быстро и с высокой точностью оценить качество и подтвердить марку ферросплава, выпускаемого предприятием. Имея один или два прибора в пределах цеха можно оптимизировать рабочий процесс трех подразделений (литейного цеха, отдела технического контроля и аналитической лаборатории). Повышение точности прогнозирования изменений или повышение скорости реагирования на непрогнозируемые изменения приведут к существенному повышению эффективности производства. Насколько оправданы инвестиции в технологии можно судить, сопоставляя цену на оборудование с ценой полученного брака, из-за неправильного определения состава готовой продукции.

Список используемых источников:

1. Типичные случаи расстройств технологического хода печей, выплавляющих ферросилиций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ara5.ru/tipichnye-sluchai-rasstrojjstv-tehnologicheskogo-khoda-pechejj-vyplavlajushhikh-ferrosilicijj/>
2. Анализатор металла с углеродом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stal-kom.ru/analizator-metalla-s-uglerodom/>
3. Анализаторы металлов и сплавов: цены, виды, принцип работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rcycle.net/metally/analizatory-metallov-i-splavov-tseny-vidy-printsip-raboty>
4. Olympus Vanta [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://olympusxray.ru/shop/olympus-vanta-c/>
5. Портативный лазерный анализатор металлов ЛИС-01 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nppsd.ru/>
6. Многоэлементный количественный экспресс-анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elanik.com/>  
МетЭксперт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metexpert.ru/production>