

3. Конструктивные особенности сварочных электронно-лучевых пушек / Пашкин А. Н., Болдарев Е. А., Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, 2014. – 2 с.

4. Электронные пучки и электронные пушки / И.В. Алямовский. – М.: Издательство «Советское радио», 1966. – 455 с.

5. Ревич Ю. В., Азбука электроники. Изучаем Arduino / Ю. В. Ревич. – Москва: Издательство АСТ: Кладезь, 2017. – 224 с.

6. Саженов В. С., Системы автоматического управления на основе программируемых логических контроллеров. – М.: «Юрайт» 2008 г. – 81 с.

УДК 681.58

Н. Е. Алексеев, В. А. Баранов

НЧОУ ВПО «Технический университет УГМК», г. Верхняя Пышма, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ-ПОДСКАЗЧИКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТДЕЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ И ШИХТЫ

Аннотация. *Одной из главных задач повышения эффективности медеплавильного предприятия является увеличение производительности медеплавильного цеха. При проведении диагностики оборудования медеплавильного цеха были выявлены узкие места, ими оказались печи. Данные плавильные агрегаты являются узким местом в цепочке производства черновой меди по причине снижения часовой производительности из-за превышения технического лимита котла-утилизатора отходящих газов. Технический лимит превышался по причине частой смены режимов ведения плавки из-за нестабильного химического состава шихты по содержанию серы, за счёт окисления которой происходит ведение плавки в автогенном режиме. Именно стабилизация химического состава шихты и являлась ключевым фактором повышения производительности плавильных агрегатов. Был проведен анализ количественных и качественных показателей входящих медных концентратов и реализованы ключевые изменения в процессе шихтоподготовки. Была изменена схема складирования: до изменения схемы складирования были большие отклонения по содержанию серы в шихте, что приводило к нестабильному процессу ведения печи (сера – основной источник тепла, при её высоком содержании повышалась температура отходящих газов и, как следствие, паропроизводительность котла-утилизатора превышала технический лимит). Вторым важным шагом стала разработка цифровой модели планировщика приготовления шихты, которая позволила подбирать наилучшую комбинацию концентратов для подачи через питатели. Преимущества модели заключается в легкости настройки, удобстве выдачи сменного задания для персонала и точном математическом расчете химического состава шихты, что позволило снизить количество отклонений в шихте в 6 раз. Благодаря стабильному химическому составу шихты удалось повысить загрузку плавильных агрегатов.*

Ключевые слова: *шихта, металлургия, медь, концентрат, математическая модель, цифровой подсказчик.*

Abstract. *One of the main tasks of increasing the efficiency of the copper smelting enterprise is to increase the productivity of the copper smelting shop. During the diagnostics of the equipment of the copper smelting shop, bottlenecks were identified, they turned out to be furnaces. These melting units are a bottleneck in the rough copper production chain due to a decrease in hourly productivity due to exceeding the technical limit of the waste gas recovery boiler. The technical limit was exceeded due to the frequent change of melting modes due to the unstable chemical composition of*

the charge in terms of sulfur content, due to the oxidation of which the melting takes place in autogenous mode. It was the stabilization of the chemical composition of the charge that was the key factor in increasing the productivity of melting units. The analysis of quantitative and qualitative indicators of incoming copper concentrates was carried out and key changes in the process of charge preparation were implemented. The storage scheme was changed: before the storage scheme was changed, there were large deviations in the sulfur content in the charge, which led to an unstable furnace operation process (sulfur is the main source of heat, with its high content, the temperature of the exhaust gases increased and, as a result, the steam capacity of the recovery boiler exceeded the technical limit). The second important step was the development of a digital model of the batch preparation planner, which made it possible to select the best combination of concentrates for feeding through feeders. The advantages of the model are ease of setup, convenience of issuing a shift assignment for personnel and accurate mathematical calculation of the chemical composition of the charge, which reduced the number of deviations in the charge by 6 times. Thanks to the stable chemical composition of the charge, it was possible to increase the loading of melting units.

Key words: raw materials, metallurgy, copper, concentrate, mathematical model, digital advisor.

Металлургия меди – это отрасль, которая играет важную роль в многих отраслях промышленности. Цифровизация сейчас играет ключевую роль в процессах металлургии меди. Она позволяет оптимизировать производственные процессы, повышать качество продукции и снижать затраты на производство. В данной статье мы рассмотрим, как цифровые продукты, а именно подсказчики, применяются в металлургии меди.

Одной из отличительных черт процесса плавления медных концентратов, являющейся одновременно одним из основных требований к его организации — это непрерывность процесса. Непрерывно должны поступать в печь шихтовые материалы и кислородосодержащее дутье, непрерывно должен осуществляться и вывод из печи продуктов плавки. Также в значительной мере зависят от качества подготовленной шихты и технико-экономические показатели процессов металлургической переработки медесодержащего сырья.

Термином «шихта» называют смесь, состоящую из исходных материалов, которые подлежат переработке. К металлургической шихте относят состав, имеющий обогащенное рудное сырье или сырье с содержанием флюсов. Состав шихты может меняться в зависимости от содержания меди и серы в концентратах и диоксида кремния в кварцах и устанавливается в пределах:

- а) концентраты (75-85) %;
- б) кварц (10-20) %;
- в) известняк (2,0-6,0) %.

Складирование и хранение сырья осуществляют на специально отведенных площадках, обеспечивающих достоверный учет каждого вида.

Вообще, в металлургии достижение теоретического максимума нагрузки плавильных агрегатов – не такая сложная задача. Что действительно трудно – так это поддерживать достигнутый уровень без превышения технических ограничений оборудования и поддержание его стабильной работоспособности.

В связи с этим необходимо планировать и контролировать производственный процесс с высокой степенью точности. Планирование процесса начинается с момента поступления концентрата на предприятие и оканчивается отгрузкой

результата процесса – черновой меди. Таким образом, важно контролировать стабильность химического состава шихты и количество подачи в печи.

С этой целью на заводе проводится совещание начальства медеплавильного цеха для планирования загрузки печей. Одним из обязательных участников данной встречи является цифровой подсказчик, который помогает планировать подачу в зависимости от того, какой вид сырья сейчас есть в наличии.

Цифровой подсказчик в металлургии представляет собой математическую модель, которая использует данные, полученные из различных источников, для получения результатов вычислений и предоставления точных рекомендаций и прогнозов. Он основывается на алгоритмах и моделях, которые могут быть определены на основе исторических данных и/или реального времени.



Рис. 1. Структурная схема модели подсказчика

Как уже было сказано – основная задача подсказчика – подобрать необходимую схему подачи шихты для стабилизации процесса плавки. При этом важно учитывать, что схема подачи должна в обязательном порядке основываться на удержании целевого содержания компонентов шихты, таких как медь, сера и железо, в загрузке. Подсказчик работает, основываясь на тех данных, которые попадают в него, а именно количество концентрата, а также сертификаты качества, которые прилагаются к нему. Подсказчик работает при помощи математической модели, которая находится внутри него, что позволяет довольно быстро получить результаты, которые учитываются при планировании.

При внедрении подсказчика есть важный момент – необходима инфраструктура, которая поможет получать корректные данные для модели. Появлялись проблемы, которые приходилось решать.

Одной из проблем стало отсутствие классификации концентратов, и, как следствие, все концентраты складировались вне зависимости от их характеристик. Решение данной проблемы нашлось в разделении всех концентратов на группы, основываясь на их химическом составе, что позволило более четко контролировать остатки концентратов конкретной группы.

Также возникла проблема отсутствия совещания, на котором бы использовался данный подсказчик – это проблема как раз и решилась тем совещанием, которое описано в начале статьи.

Следующей проблемой стало высокое время работы подсказчика из-за нескольких факторов, например, стремления подсказчика получить идеальный график по содержанию показателей, так появились зоны допущения, которые указывают на возможный разброс целевых показателей.

Также в процессе внедрения были приняты ряд ограничений, которые позволили оптимизировать скорость решения математической модели подсказчика. Одним из ключевых моментов стало решение смотреть только на основные химические компоненты шихты – медь и серу, а не на весь спектр элементов.

Не менее важным моментом в процессе внедрения оказалось обучение персонала использованию данной моделью. С этой целью были разработаны руководство пользователя, а также справочник с ответами на часто возникающие вопросы.

В результате внедрение подсказчика позволило повысить технико-экономические показатели как подразделения, так и завода в целом.

Таким образом, в данной статье был рассмотрен принцип применения модели-подсказчика в металлургической отрасли, а также основные проблемы и ограничения, которые были приняты в процессе, с целью оптимизации работы цифровой модели.

Список использованных источников

1. Ванюков А.В., Быстров В.П., Васкевич А.Д. Плавка в жидкой ванне. – М.: Металлургия, 1988. – 208 с.
2. Загидуллин Р.Р. Управление процессами реальных и виртуальных предприятий: монография. – Ст. Оскол, 2021. – 144 с.