

РАЗДЕЛ X

**НОВОСТИ НАУКИ
И ТЕХНИКИ**

КОНСОРЦИУМ SET – ОПТИМАЛЬНЫЙ СПОСОБ РАБОТЫ НАД СЛОЖНЫМИ КОМПЛЕКСНЫМИ ПРОЕКТАМИ

С. Г. Федоров

ОАО «Сибцветметниипроект», г. Красноярск, Россия

Красноярский край является одним из ключевых российских сырьевых регионов – на его территории расположены практически все виды минеральных ресурсов. Разнообразие минеральных ресурсов сочетается с весьма крупными запасами некоторых их видов, значительными объемами добычи и использования. Это обуславливает особую роль минерально-ресурсного потенциала Красноярского края в национальном минерально-ресурсном комплексе. **Для Красноярского края добыча, переработка и воспроизводство минерально-сырьевых ресурсов в стратегически обозримой перспективе будет оставаться основной возможностью самообеспечения устойчивого социально-экономического развития, что в целом отвечает важнейшим геополитическим интересам России в Азиатско-Тихоокеанском регионе.**

Понятно, чтобы использовать весь потенциал наших недр, нужны серьезные вложения, развитая инфраструктура, современные технологии, и конечно, проектная документация, в соответствии с которой будут построены и функционировать добывающие и перерабатывающие производства.

ОАО «Сибцветметниипроект» более 60 лет является генеральным проектировщиком горнорудных предприятий черной и цветной металлургии в районах Сибири и Дальнего Востока.

По разработанным институтом технологиям и проектам реконструированы и построены новые горно-обогатительные предприятия, в том числе: Сорский молибденовый комбинат; Горевский ГОК, Приморский горно-обогатительный комбинат; Лермонтовское рудоуправление; Ярославский горно-обогатительный комбинат; комбинат «Туваасбест»; Олимпиадинский горно-обогатительный комбинат; Кия-Шалтырский рудник и др.

Выполнить комплексный проект горнодобывающего предприятия – трудоемкая задача. Как правило, и раньше для ее выполнения привлекалось несколько институтов и организаций. Для работы над подобными крупномасштабными проектами и было принято решение создать на базе ОАО «Сибцветметниипроект» консорциум проектных организаций – Siberian Engineering & Technologies (SET), объединяющий проектные институты. Презентация SET прошла на Втором международном конгрессе и выставке «Цветные металлы – 2010» и на 6-м Международном Горнопромышленном форуме и Экспо «Майнекс 2010» в г. Москве.

Объединение проектировщиков было сформировано для выполнения комплексных услуг по проектированию Озерного горнообогатительного комбината (ГОК) в республике Бурятия – самого крупного в России свинцово-цинкового месторождения с планируемым объемом добычи 8 млн. тонн в год. Проект включает в себя более 170 объектов инфраструктуры. На его проектирование были отведены очень сжатые сроки. Поэтому работа велась в соответствии с строго разработанным календарным план-графиком, а для оперативного обмена информацией между исполнителями создана единая информационная, юридическая и нормативная платформа. Также были разработаны единые стандарты и регламенты по взаимодействию подразделений института и субподрядных организаций, выделен отдельный сервер, куда ежедневно поступали обновления от всех задействованных в этой работе компаний. Всего над проектом Озерного ГОКа работали 15 организаций консорциума. Над основной частью проекта, кроме нашего института, работали такие компании, как «Электропроект», «Водоканалпроект», «ТОМС», «СибЭНТЦ», «КРИС». На проведение изысканий привлекались компании из Иркутска.

Опыт работы над проектом Озерного ГОКа показал, что мы выбрали оптимальный способ работы над сложным комплексным проектом, все это обеспечило высокое качество проектной документации и принятых технических решений. Сейчас ведутся переговоры по заключению договоров на выполнение крупных комплексных проектов в Бурятии, а также в Красноярском крае, Приангарье, которые будут выполняться силами проектных организаций, вошедших в консорциум SET.

Но уже сейчас перед консорциумом стоят новые задачи.

Имея огромный опыт проведения научно-исследовательских работ, мы готовы проанализировать изученность на обогатимость и переработку руд, в том числе металлургическим способом основанных на реальных современных исследованиях.

Для принятия обоснованных и безошибочных решений по технологии переработки руд и уточнения технологических показателей еще до разработки технологического регламента и рабочего проекта необходимо проведение полупромышленных испытаний, что возможно осуществить с помощью создания регионального научно-производственного центра (НПЦ).

Для развития этого направления планируется использование площадки НИИ «Стройдормаш», где будет построена опытно-промышленная установка (ОПУ) для отработки (проверки) предлагаемых технологий переработки руд ТПИ с использованием традиционных и новейших методов обогащения и металлургии.

ОАО «Сибцветметниипроект» берет на себя разработку проекта строительства опытной научно-исследовательской установки непрерывного действия для проведения испытаний по переработке руд (включая металлургический передел), создание рабочей группы для работы по данному направлению (проекту), предоставление площадки для строительства.

Особенностью ОПУ является ее универсальность – проведение полупромышленных испытаний для любых видов твердых полезных ископаемых (исключая уголь) и любую технологию, включая металлургию.

На площадях НИИ «Стройдормаш», в дополнение к формированию научной базы, возможно развитие по следующим направлениям:

1. Создание площадки по взаимодействию с ВУЗами и развитию инновационной деятельности.

- а) Можно выделить консолидацию усилий ученых академических, отраслевых институтов, вузовской науки, проектных организаций для решения наиболее актуальных проблем в чёрной и цветной металлургии в интересах крупных предприятий, структур малого и среднего бизнеса. Сюда можно отнести разработку технологий экономии сырья и снижения энергетических затрат, внедрение наноматериалов и т. п.
- б) Предоставление некоторого объема площадей для работы малых инновационных компаний, созданных при сотрудничестве с СФУ.
- в) Организация центра коллективного пользования.

2. Организация общего удаленного доступа к специализированному дорогостоящему ПО т. е. программные комплексы устанавливаются на сервер, обеспеченный некоторым количеством лицензий, пользователи из различных организаций консорциума удаленно со своих рабочих мест производят подключение и использование программ.

3. Инжиниринговый центр по проблемам горнорудной промышленности.

- а) Создание Центра сервисного обслуживания и продаж горнорудного промышленного оборудования;
- б) Проведение комплектации, реализации и обслуживания оборудования;
- в) Проведение технических семинаров и обучения с возможностью выезда на объекты, где данное оборудование эксплуатируется.

4. Налаживание производства.

УГЛЕРОДНАЯ И ГРАФИТОВАЯ ФУТЕРОВКА КАТОДА В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ

Т. Орач

SGL CARBON POLSKA SA, Польша

SGL GROUP, The Carbon Company

В статье представлен пример инновационного решения по стандартным изделиям углеродной и графитовой катодной футеровки для производства первичного алюминия.

Краткий обзор SGL GROUP

SGL Group – передовая новаторская компания, один из крупнейших в мире производителей углеродной продукции с разносторонним портфелем изделий – от классических углеродных и графитовых, до новейших волокнистых и композитных материалов.

SGL GROUP – публичная акционерная компания, официально зарегистрированная на Немецкой фондовой бирже во Франкфурте-на Майне. Производство компании размещено на 45 объектах по всему миру.

Две производственные площадки, находящиеся в Польше, и одна в Малайзии, специализируются на производстве продукции для алюминиевой промышленности. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки ведутся в отлично оборудованных современных лабораториях в специально выстроенном здании в Майтингене, недалеко от Аугсбурга (Германия). Опытно-промышленный завод катодной продукции SGL GROUP располагает мощностями для изготовления и проведения испытаний разрабатываемых материалах и полномасштабного промышленного производства. Все это обеспечивает SGL GROUP возможности быстрого эффективного внедрения инновационных разработок с целью удовлетворения повышающихся требований заказчиков.

Портфель катодных изделий

SGL GROUP является единственным независимым «Западным» производителем, предлагающим весь диапазон энергоэффективных углеродных и графитовых изделий для катодной футеровки, включая три типа (семейства) катодные подовые блоки, бортовые блоки: аморфные, графитовые и графитированные, а также набивочные пасты – стандартные и с повышенной проводимостью.

Качество всех сырьевых материалов, поступающих на производственные мощности SGL, тщательно проверяется и контролируется в строгом соответствии с системой управления качества SGL для обеспечения самого высокого уровня постоянства качества конечного продукта.

При изготовлении катодных блоков аморфных марок в качестве основного сырья используется антрацит. Оптимизация технологического процесса и состава материалов, а также тесное взаимодействие и обратная связь с алюминиевой промышленностью обеспечивают производства конечного продукта с выдающимися качествами, включая низкое удельное электрическое сопротивление и низкий уровень соединения с натрием.

Графитированные катодные блоки изготавливаются с использованием кокса. Обожженные блоки проходят высокотемпературное графитирование, существует возможность дополнительной пропитки/повторного обжига для повышения кажущейся плотности и механической прочности.

Новые решения

При разработке новых решений SGL Group работает в тесном сотрудничестве с заказчиками, чтобы выполнить их самые специфические требования. Старые заводы, где снижение потребления энергии требуется при использовании катодных блоков аморфных марок, или заводы, на которых используются графитированные блоки,

где и снижение потребления энергии, и снижение степени эрозии имеют первостепенное значение – для всех них SGL может предложить и предоставить соответствующее решение по катодной футеровке.

Для максимального увеличения эффективности от повышения тока заводы все больше используют графитированные катодные блоки. Графитированные катодные блоки отличаются повышенной электро- и теплопроводностью и, соответственно, гораздо более однородной картиной распределения катодного тока, увеличивающего от центра к боковым сторонам катодного блока.

По сравнению с графитовыми и аморфными блоками степень эрозии графитированных катодных блоков выше. На электролизерах с большой силой тока профиль эродированной поверхности часто называют W-образным. Самая высокая степень эрозии наблюдается в местах самой высокой плотности тока – ближе к торцам блоков, рядом с подовой настылью.

Для обеспечения более ровного распределения плотности тока по поверхности катода для графитированных катодных блоков, работающих при высокой силе тока, по длине катода прорезается паз переменной глубины (Пат SGL №.: РСТ/EP2006/012334). Цель заключается в снижении до минимума “W-образного” профиля эрозии поверхности в электролизерах с высокой силой тока, существенно снизить степень эрозии на критических участках поверхности катода, что, в конечном итоге, должно привести к увеличению его срока службы.

Данная концепция была разработана специально для графитированных блоков, степень их эрозии по сравнению с аморфными и графитовыми блоками выше, но данное преимущество может быть применено на всех трех типах катодов.

Бантинг – наш новый малазийский катодный хаб

SGL Group завершает строительство современного графитового завода производительностью 60000 мт в Бантинге (Малайзия) с инфраструктурой, предусматривающей производство 100.000 мт графита в год.

Предусматривается несколько этапов инвестиций, включая производство специализированного графита.

В Бантинге уже успешно начато производство графитовых электродов.

Завод располагает переменными мощностями (графитовые электроды и катоды), его стратегическое положение позволяет ему поставлять продукцию как в регионы с растущей экономикой, так и на существующие рынки.

Первые испытания на соответствие катодного оборудования техническим условиям успешно завершены.

Первые катоды из Бантинга начнут поставляться в конце 2011 г.

Возможность посетить завод будет предоставляться со второй половины 2012 г.

Бантинг уже сертифицирован и будет поддерживать сертификацию по ISO 14001:2004 и ISO 9001:2008.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cathode Blocks for Primary Aluminium Smelting; Ghazanfar Abbas – SGL Carbon GmbH; International Conference on Electrodes and Support Services for Primary Aluminium Smelters – Incorporating the 5th Rodding Conference’ 10–12 May 2011, Reykjavik, Iceland.
2. SGL’s patent no.: PCT/EP2006/012334.

ОСОБЕННОСТИ ПЫЛЕОЧИСТКИ В АЛЮМИНИЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д. И. Кузнецов, Н. Л. Коренюгина

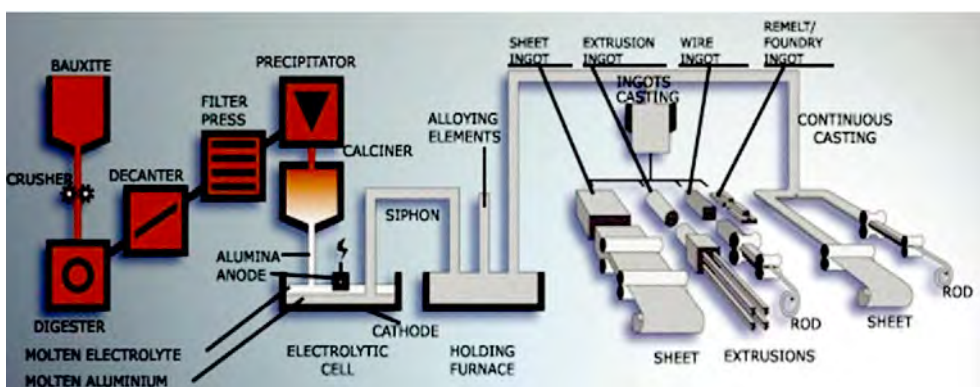
ООО «БВФ Энвиротек», г. Санкт-Петербург, Россия

Алюминий – металл, обладающий уникальными свойствами, которые обуславливают широкий спектр его применения в самых разных отраслях промышленности. Усилия всех мировых производителей алюминия направлены на то, чтобы сделать его производство экономически обоснованным и экологически безопасным.

Данная статья посвящена краткому обзору эффективных мер по контролю выбросов пыли в производстве алюминия с помощью правильного подбора фильтровального материала для различных производственных участков.

Производство алюминия можно разделить на две большие группы – производство первичного алюминия и вторичная переработка. Первый метод предполагает производство металла из бокситов, второй метод – переплавка уже использованных алюминиевых изделий – алюминиевого лома.

Ниже приведена схема производства первичного алюминия, известного под названием процесс Байера:



В производстве алюминия можно выделить три основных технологических процесса, где контроль пылевых выбросов крайне важен не только с точки зрения уровня выбросов, но также для восстановления исходного продукта, т. е. его возврата в производственный процесс.

Рассмотрим особенности каждого из трех основных процессов производства первичного алюминия:

1. Печи кальцинации
2. Электролизеры
3. Обжиг анодов



Каждый из этих процессов имеет свои отличительные технические особенности. Важным фактором эффективности очистки дымовых газов от пыли и восстановлению исходного продукта в каждом процессе является правильный подбор фильтровально-го материала. Компания BWF Envirotec (Германия) – мировой лидер в разработке нетка-ных фильтровальных материалов для очистки дымовых газов с огромным опытом их применения. Для алюминиевой промышленности компания разработала специальные фильтровальные материалы с учетом особенностей всех этапов производства алюминия. У нас есть большой опыт использования этих фильтровальных материалов на алюми-ниевых заводах по всему миру.

Печи кальцинации

Пыль в дымовых газах, отходящих от печей кальцинации, имеет сильно выра-женные абразивные свойства. Пыль не склонна к слипанию, свободно летящая. Тем-пература газа, идущего на очистку, колеблется в пределах от 160 °С до 250 °С, влаж-ность газа может достигать 50 % объемных.

Обычно используемые при данных температурах фильтровальные материалы, такие как м-арамид (needlona® NO/NO), полифениленсульфид (needlona® PPS/PPS) или полиимид (needlona® PI/PI), не могут применяться из-за высокой влажности газа в данном процессе. Выбор в пользу политетрафторэтилена очевиден. При средней скорости фильтрации не более 1,2 м/мин рекомендуется использовать фильтроваль-ный материал needlona® PTFE/PTFE, в котором каркас и набивка состоят из 100 %-го политетрафторэтилена. Во многих случаях оптимальным выбором является филь-тровальный материал компании BWF Envirotec needlona® PTFE/PTFE 704 MPS CS30 с дополнительной объемной пропиткой для оптимальной регенерации и поверхност-ным слоем из ультратонких волокон, которые увеличивают площадь фильтрации и способны фильтровать мелкодисперсную пыль.

В любом случае, при выборе фильтровального материала нужно исходить из ин-дивидуальных технических параметров процесса.

Электролизеры

В электролизерах происходит плавление глинозема с фтористым алюминием (криолитом) с помощью угольных электродов. Особенности процесса являются сво-бодно летящая абразивная пыль, состоящая из частиц глинозема, температура газа порядка 90–130 °С, влажность газа невысокая. Одной из особенностей процесса явля-ется присутствие фтороводорода HF, который абсорбируется частицами глинозема. Процесс абсорбции происходит на поверхности фильтровального материала. Филь-тровальная «корка» на поверхности фильтровального материала усиливает процесс абсорбции и обеспечивает эффективную фильтрацию.

Фильтровальный материал полиэфир на каркасе, имеющий высокие характе-ристики механической прочности лучше всего подходит для данного применения. Специально разработанный компанией BWF Envirotec фильтровальный материал needlona® PE/PE521 Alusurf со специальной пропиткой Alusurf для очистки от пыли после электролизеров обеспечивает эффективное соотношение «цена-качество-срок службы» фильтровального материала.

Обжиг анодов

В процессе обжига анодов на очистку поступает газ с содержанием влаги около 10 %, пыль – графитовая с органическими частицами и склонностью к агломерации.

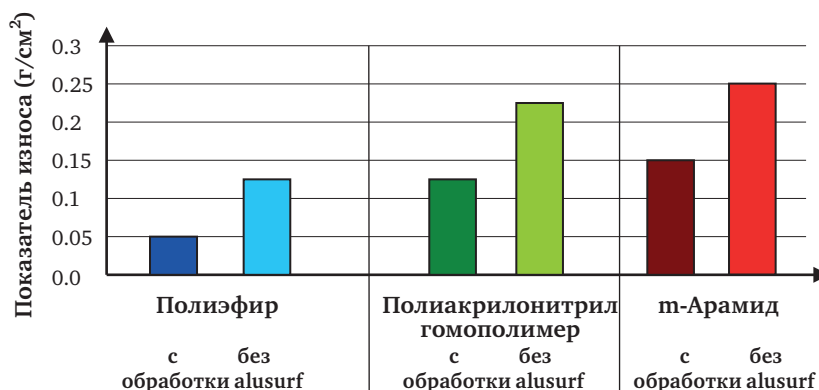
Рабочая температура находится в пределах 105–120 °С.

Для данного применения мы рекомендуем использовать фильтровальный мате-риал из 100 % полиакрилонитрила. Хорошо зарекомендовал себя в данном примене-нии фильтровальный материал компании BWF Envirotec needlona® DT/DT551 Alusurf.

Специальная обработка для оптимальной регенерации материала в алюминиевой промышленности Alusurf

Специальная пропитка Alusurf разработана компанией BWF Envirotec специаль-но для фильтрации абразивной пыли в алюминиевой промышленности.

Ниже приведен график показателей износостойкости стандартного фильтровального материала в сравнении с фильтровальным материалом, имеющим обработку Alusurf.



Значение «фильтровальной корки» для эффективности процесса фильтрации

Так называемая «фильтровальная корка», которая образуется на поверхности фильтровального материала, обеспечивает эффективную фильтрацию. Фильтровальная корка может рассматриваться как место первичной задержки пыли, ограничивающей попадание частиц внутрь фильтровального материала. Фильтровальный материал не забивается пылью и легко регенерируется.

Для новых, только что установленных в пылесборник фильтровальных рукавов, когда еще не полностью сформирована фильтровальная корка на поверхности, показатель сопротивления фильтра низкий, по мере накопления пыли на рабочей поверхности фильтровального материала, он увеличивается. Имеется тенденция эксплуатации рукавных фильтров при низком перепаде давления. Для поддержания низкого значения сопротивления оператору установки приходится часто включать режим частой импульсной регенерации при продолжительном времени воздействия импульса. На самом деле такой режим оказывает негативный эффект на фильтровальный материал и эффективность фильтрации в целом. Фильтровальный материал становится «переочищенным», мелкие частицы проникают внутрь материала. В конечном итоге фильтровальный рукав забивается пылью, перепад давления быстро нарастает (по сравнению с процессами, где умеренный режим регенерации был выбран изначально), что приводит к быстрому износу фильтровальных рукавов.

При частой регенерации используется более сжатый воздух, что увеличивает расходы на энергию. Увеличивается и общий уровень выбросов, т. к. каждый удар импульсом может рассматриваться как эмиссионный пик.

В составе дымовых газов после электролизеров и в процессе обжига анодов на поверхности фильтровальной корки происходит не только отделение пыли, но и процесс абсорбции фтороводорода HF, что делает наличие корки очень важным.

Эффективная фильтрация, долгий срок службы фильтровальных рукавов, экономное расходование электроэнергии, абсорбция фтороводородов на поверхности фильтровальной корки являются убедительными аргументами в пользу эксплуатации рукавного фильтра при поддержании умеренного (не низкого) сопротивления в фильтре.

Вторичная переработка алюминия

К вторичной обработке алюминия могут быть отнесены процессы переплавки алюминия, мельниц по измельчению алюминиевых изделий, делакирование.

Для мельниц по резке/измельчению алюминия температура процесса низкая, приближена к температуре окружающего воздуха (к комнатной температуре). Оптимальный материал для данного процесса – полиэфир с хорошими механическими свойствами и, возможно, с дополнительной обработкой против абразивной пыли.

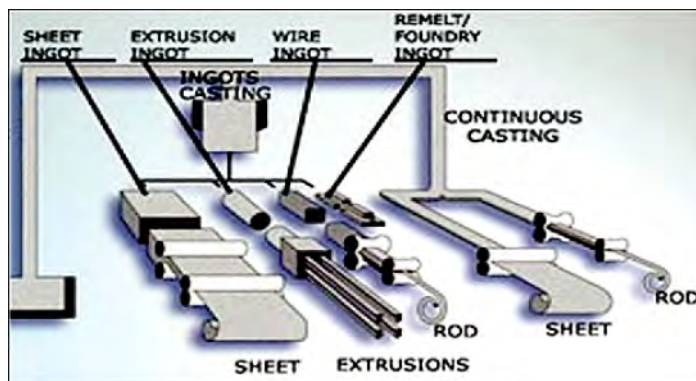
Для процессов делакирования характерна высокая температура и наличие химически агрессивных компонентов, следовательно, оптимальным выбором является

100 %-ный политетрафторэтилен (или смесь ПТФЭ и полиимида). Если в дымовых газах содержится мелкодисперсная пыль, то необходим верхний слой материала из ультратонких волокон (MPS).

Вторичная переплавка алюминия происходит при низких температурах и стандартных пылевых нагрузках. Для данного применения мы рекомендуем фильтровальный материал из полиэфира с масло- водоотталкивающей обработкой и поверхностным слоем из ультратонких частиц, такой как needlona® PE/PE601 MPS CS17.

Существует еще одно применение в производстве вторичного алюминия, где широко используются изделия из высокотемпературных нетканых материалов, изготовленных из синтетических волокон – алюминиевая экструзия. Приведенный ниже рисунок показывает зону выхода горячего алюминиевого профиля после прессформы. Движущие элементы данной системы – вращающиеся валики – изготовлены из высокотемпературного нетканого технического текстиля, что позволяет избежать повреждений на поверхности горячих алюминиевых изделий.

В процессе алюминиевой экструзии заготовки нагреваются до 580 °С и поступают на прессы. Профиль выходит из пресс-формы горячим и может быть механически поврежден, например, поцарапан. Для транспортировки профиля от пресс-формы по зоне выхода и охлаждения используются ролики, изготовленные из высокотемпературного синтетического нетканого войлока. Ролики, изготовленные из синтетических волокон нетканым способом, выдерживают воздействие высоких температур, не повреждают поверхность алюминиевого профиля, долго служат.



После горячей зоны алюминиевый профиль попадает в так называемую зону охлаждения, где он располагается на ремнях также из нетканого материала.

В данной зоне профиль охлаждается до температуры 150–200 °С от 5 до 45 минут в зависимости от размера и конфигурации профиля.

На последнем участке охлажденный профиль перемещается по роликам из низкотемпературного синтетического волокна полиэфир на узел транспортировки.

ПРИМЕНЕНИЕ И ПОДБОР ФИЛЬТРОВАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВ В МЕТАЛЛУРГИИ

М. Ипатова-Арендт

ООО «БВФ Энвайротек», г. Санкт-Петербург, Россия



1. Введение

Благодаря эффективной фильтрации и широкому спектру применения текстильные фильтровальные материалы, изготовленные нетканым иглопробивным методом, используются в настоящее время в областях, для которых они изначально не были предназначены. Так, существуют процессы, технические условия которых слишком агрессивны для использования нетканых материалов. Это вызов для производителей нетканого фильтровального полотна, дающий стремление к разработке таких типов материалов, позволяющих достичь более длительного срока эксплуатации при данных специфичных условиях.

2. Условия технологических процессов и возникающие в связи с этим проблемы

Металлургическое производство относится к тем областям, в которых текстильные фильтровальные материалы достаточно часто работают в условиях, для которых они не были предназначены. Если мы посмотрим на химические и температурные параметры работы типичных процессов плавки металлов, то нетканый материал из полиэфира не кажется подходящим для данных применений. При детальном рассмотрении процесса можно наблюдать, что достаточно часто горячие или раскаленные частицы переносимые газом, идущим на очистку, попадают в область рукавного фильтра. Результат соприкосновения горячих частиц и полиэфирного нетканого материала нетрудно предсказать: высокая температура приведет к расплавлению полифира в местах соприкосновения и к образованию дыр. Вследствие этого увеличивается величина выбросов загрязняющих веществ. Наличие кислородной составляющей в газе, приводит к дополнительному риску: полиэфирный материал воспламенится и начнет гореть (и/или тлеть), что является критическим сценарием для фильтрационной установки и окружающего оборудования.

При использовании тугоплавких и невоспламеняющихся полимерных волокон риск можно снизить, но не исключить. Даже полимерные волокна из мета-арамида и полиимида не будут в состоянии выдержать воздействия раскаленных частиц. Температура плавления этих волокон около 300 °С (или несколько выше), что намного ниже температуры раскаленных частиц в потоке газа. Волокна пострадают от обугливания и, следовательно, будут сильно сжиматься (деформироваться). Во многих случаях дыры в материала-

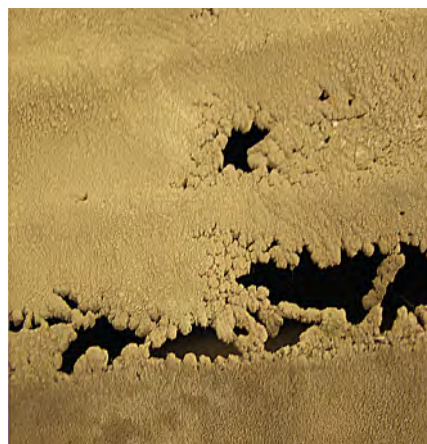


Рис. 2. Поврежденный искрами материал

ле образуются в результате усадочной деформации. Если же волокна не сжимаются до образования дыр, то обугленные участки материала становятся настолько хрупкими, что они не выдерживают постоянных вибраций, вызываемых импульсной регенерацией. В результате, в фильтровальном материале возникают дыры, вызванные тепловым воздействием, и уровень выбросов резко возрастает.

Высокий уровень защиты от разрушения материала в результате сильного термического воздействия или даже огня может обеспечить использование керамических фильтровальных элементов или фильтровальных материалов с волокнами из нержавеющей стали. Но, к сожалению, оба продукта нельзя назвать типичными для данного применения, что связано, главным образом, с высокими экономическими затратами.



Рис. 2. Керамические
фильтровальные элементы
Pyrotex KE 85

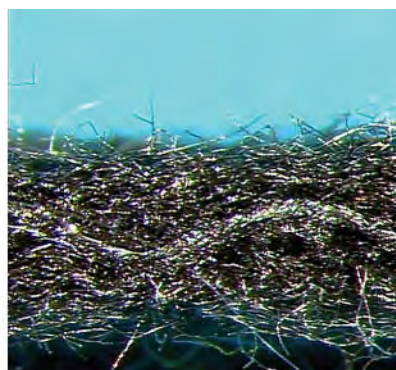


Рис. 3. Поперечный срез
металлического фильтровального
материала В/В 1852

Кроме упомянутых выше горячих или раскаленных частиц, в некоторых установках в составе пыли находится частицы элементарного железа, алюминия и др. металлов, которые при окислении и наличии влажной среды могут увеличивать степень разрушения. Поведение этих частиц железа нестабильно с точки зрения термодинамики. Такие реакции окисления могут обеспечить достаточное количество энергии, чтобы расплавить, воспламенить или уничтожить фильтровальный материал, на поверхности которого находится фильтровальная корка («борода»). Например, при окислении одного грамма железа выделяется 13 КДж. Этой энергии достаточно, чтобы местами накаливать пыль докрасна. Возникающая в результате локальная температура намного выше, чем допустимая предельная температурная стойкость полимера, и нетканый фильтровальный материал будет поврежден.



Рис. 4. Полимерный фильтровальный рукав,
частично сгоревший в процессе работы

Для удовлетворения спроса на фильтровальный материал, работающий при таких жестких условиях, мы исходили из поиска оптимального экономичного и максимально безопасного решения. Для разработки такого решения мы смоделировали выброс искр. Основная проблема здесь заключалась в том, что необходимые для изучения частицы доступны только время от времени и их поведение нельзя прокон-

тролировать. С другой стороны проблема заключается в том, чтобы произвести искры или частицы в определенном количестве и с соответствующей энергией, необходимо учитывать множество факторов. Часто для моделирования раскаленных частиц в рамках лабораторных тестов используются маленькие стальные шарики определенного диаметра. Стальные шары дают возможность зафиксировать уровень энергии (за счет массы и температуры), также как и условия соприкосновения (например, расстояние или угол соприкосновения). Основываясь на этих определенных условиях, представляется возможным получить соответствующие результаты лабораторных тестов. Диаметр стальных шаров выбирается относительно произвольно. В принципе, маленьких шаров диаметром в несколько миллиметров вполне достаточно для моделирования.

Гораздо труднее смоделировать элементарные частицы активных к термодинамическим реакциям металлов (например, железа), так как они должны быть активны и представляется трудным их выделение из молекулы оксида железа. Лабораторные тесты были проведены с пробой пыли, взятой непосредственно из производственного процесса. Такой тип пыли был перемещен в атмосферу инертного газа, чтобы избежать окисления кислородом из окружающего воздуха. Испытания с этим типом пыли начинали с небольшого нагревания, потом сама пыль нагревалась до красного каления. Первая идея того, что присутствие углеводородов в пыли обеспечивает энергию, не была доказана. В противоположность этому, элементарные частицы железа были обнаружены в пыли до начала процесса активации.

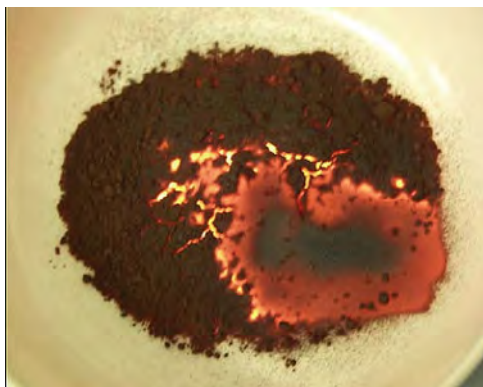


Рис. 5. Пыль с элементарными частицами железа, накалившими до красного каления.

Количество энергии, которую несут раскаленные частицы пыли, всегда является угрозой для фильтровальных материалов, состоящих из полимерных материалов, так как температурные пределы стойкости материала достигаются очень быстро. Но есть шанс модифицировать нетканые материалы на основе полиэфира и повысить их стойкость и, соответственно, срок действия.

3. Решения проблемы

3.1. Слой волокон

Как уже упоминалось выше, даже использование невоспламеняющихся тугоплавких полимерных материалов не приводит к достаточной температурной стойкости материала. Оптимальным выбором в данном случае являются мета-арамиды или полиимиды. В температурном диапазоне, превышающем 300°C, фильтровальные нетканые материалы на основе вышеупомянутых типов полимеров, сильно сжимаются, подвергаются обугливаю и термическому разложению. Это означает, что короткие периоды воздействия искр приведет к серьезным повреждениям, а длительное время воздействия искр вряд ли возможно.

В своей разработке мы исходили в использовании материалов на основе полиэфира, которые обеспечивают механическую стабильность при экономически оправданных ценовых условиях, в комбинации с температурно-устойчивыми волокнами с рабочей стороны фильтровального материала. Температурно – устойчивые волокна можно выбрать из достаточно широкого спектра тугоплавких полимерных воло-

кон. При этом волокна верхнего слоя могут и не быть типичными для использования в процессе фильтрации. Примерами являются меламин, волокна фенольной смолы, а также волокна PBI и PBO, окисленный PAN (полиакрилонитрил) или P-арамид. Многообещающим сочетанием мог бы стать верхний слой из нержавеющей стали, обеспечивающий высокое температурное сопротивление. Важными параметрами при разработке комбинированных материалов являются оптимальное сочетание веса материала, толщины волокон, а также сочетания верхнего слоя и основы материала.

Большие возможности комбинирования приводят к необходимости проводить многочисленные тесты, затем к оценке и сравнению тестов. Для определения степени стабильности к искрам, необходимо провести тест не только на новый модифицированный материал, но и на исходный не модифицированный материал (основанный на регламенте VDI 3926 – Союза немецких инженеров), чтобы можно было сравнивать степень разрушения материала и его свойства.

Для обеспечения условий сравнения влияния искр на различные материалы необходимо обеспечить механизм максимальной воспроизводимости тестов. Обеспечив такие условия, мы провели тест со стальными шариками. Суть его в том, что определенное количество шариков нагревается в печи при температуре 800 °С, затем сразу помещается на определенную область материала, предпочтительно по отдельности. Результат взаимодействия фильтровального материала с горящими шариками виден сразу, однако в некоторых случаях имеет смысл проверить внутреннюю сторону материала на дефекты.

На рисунке 6 видно, каким образом поверхностный слой из тугоплавких волокон защищает основной рабочий материал на основе полиэфира. Слева приведен снимок полиэфира без защитной обработки после контакта с раскаленными до 800 °С стальными шарами. В центре – полиэфир с поверхностной обработкой FireGuard® на основе p-aramида после контакта с раскаленными до 800 °С стальными шарами. Справа – полиэфир с поверхностной обработкой BlockGuard®.



Рис. 6. Влияние стальных раскаленных шаров на разные волокна

Верхний слой, состоящий из волокон PBI, PBO или нержавеющей стали, имеет очень хорошие результаты по искроустойчивости, но из-за экономического аспекта (высокой стоимости) эти материалы не были приняты рынком. Окисленный PAN (полиакрилонитрил) имеет привлекательную цену, по результатам теста не было установленных видимых дефектов, волокна не деформируются и коэффициент LOI = 60 указывает на то, что эти волокна не будут гореть. В связи с ограниченной прочностью на растяжение и на сгиб данный материал требует аккуратности в процессе производства и обращения с ним. Температурная стойкость почти на том же уровне, что и у полиэфира; но при пиках материал очень быстро становится хрупким.

Волокна P-aramида имеют очень подходящие характеристики для обсуждаемого применения. Волокна невоспламеняющиеся, температурная стабильность высокая, возможно получить высокое уплотнение при иглопробивании. Верхний слой почти не поддается воздействию со стороны горячих стальных шариков во время проведения тестов. Раскрой/шитье фильтровального материала в процессе производства фильтровальных рукавов не имеет дополнительных отрицательных особенностей по сравнению с обычным не модифицированным материалом.

Нами были протестированы разные материалы согласно регламента стандартных испытаний VDI 3926 по измерению основных параметров фильтровального материала. Стандартный фильтровальный материал на основе полиэфира, фильтровальный материал Fireguard® (материал на основе полиэфира и верхнего слоя из Р-aramida) и версия фильтровального материала Blockguard® (материал на основе полиэфира и слоя окисленного PAN) сравнивались по параметрам роста дифференциального давления при регенерации рукавов, проникновения пыли и степени очистки. Полученный результат показал, что материалы с дополнительным внешним слоем (Fireguard® и Blockguard®) показывают практически те же параметры, что и фильтровальные материалы из 100% полиэфира. Дифференциальное давление при регенерации и уровень остаточной эмиссии для фильтровального материала Fireguard® сохраняется на очень высоком уровне (табл. 1).

Таблица 1

**Сравнение характеристик фильтровального материала
в различном исполнении**

Наименование материала	PE/PE 554 NWC17 A/A CS17 SG	PE/PE 554 FireGuard CS17	PY-PE/PE 554 ABC/X TL80 SG
Вес	[г/м²]		
До теста	538	550	535
После теста	635	642	662
Воздухопроницаемость Δр=200 Ра	[л/(дм² мин)]		
До теста	130	122	152
После теста	54	40	65
Перепад давления (среднее значение)	[мбар]		
100 циклов	3,2	3,2	3,7
Увеличение веса образца	[г]		
После 100 циклов	1,5	1,4	2,0
Общий уровень остаточной эмиссии	[мг/нм³]		
1–100 циклов	1,29	0,22	2,00

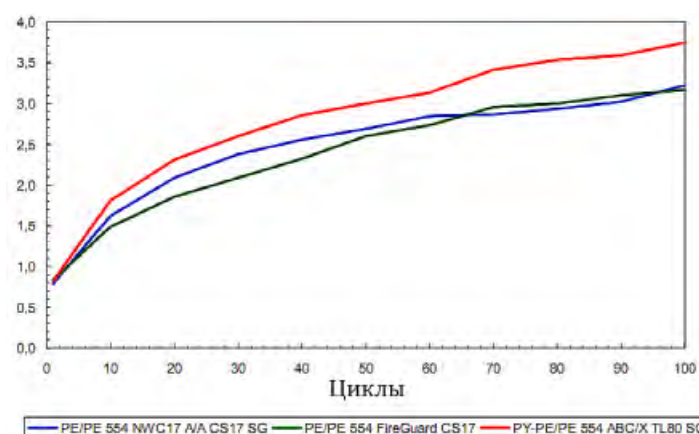


Рис. 7. График изменения дифференциального давления
в мБар с течением времени

3.2. Поверхностное покрытие

Тест с горячими стальными шариками достаточно легко провести, результаты воспроизводимы, они дают информацию относительно влияния раскаленных частиц на нетканые материалы. Важным дополнительным аспектом является накопление

пыли внутри фильтровального материала. В том случае, если верхний слой недостаточно плотно прилегает к основе материала, есть риск попадания пыли внутрь фильтровального материала, что является крайне нежелательным ввиду быстрого роста дифференциального давления и повышения уровня выбросов. В случае если раскаленные частицы попадают внутрь фильтровального материала, то риск повреждения фильтровального материала в результате температурного воздействия гораздо выше, нежели у модифицированных материалов с добавлением специальных тугоплавких волокон.

Для снижения негативного влияния искр в отходящем газе можно также использовать покрытие поверхности фильтровального материала слоем графита. Фильтрация происходит на поверхности материала и, в случае попадания на него горячих частиц, графитовая составляющая увеличивает расстояние между источником высокой температуры и волокнами фильтровального материала и создает дополнительный объем. Кроме того, раскаленная частичка подвижна, совершая движение, она меняет свою позицию и теряет энергию, проходя через графитовый слой, и соответственно теряет свое негативное влияние. При наличии покрытого защитным слоем материала опасные горячие частицы оказываются «прикрепленными» только к поверхностному слою материала, который помогает поглощать часть энергии. Таким образом, частичка затухает на поверхности материала. Опасные частицы очищаются при регенерации через определенные промежутки времени с поверхности материала, что также уменьшает риск их негативного влияния. В случае же пыли, проникшей внутрь материала, импульс очистки не сможет ее удалить.

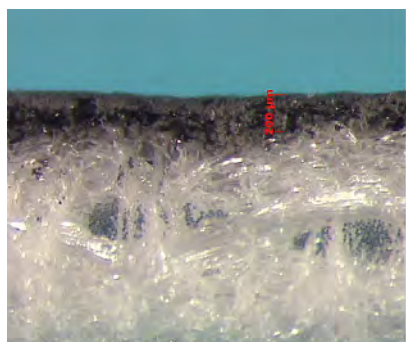


Рис. 8. Поперечный срез материала PE/PE 524 Pyroguard



Рис. 9. Рабочая поверхность материала PE/PE 524 Pyroguard

Все эти защитные и удлиняющие срок действия фильтровального материала эффекты ограничены, и упомянутые выше комбинированные материалы не могут противостоять повышенной температуре долгое время или с большой частотой. Однако существует ряд примеров с продленным сроком действия при использовании описанных выше методов в сравнении со стандартными материалами.

4. Заключение

Довольно часто текстильные фильтровальные материалы используются в областях, где параметры процесса превышают ограничения, с которыми эти материалы могут справиться. Детальный анализ условий процесса эксплуатации и характера разрушений фильтровального материала являются основой поиска решений, которые приведут к увеличению срока службы разработанных материалов в сравнении со стандартными. Решением этой проблемы представляется компромисс, заключающийся в использовании специально разработанных материалов, обеспечивающих более высокую безопасность эксплуатации при наиболее выгодных экономических условиях. Необходимо упомянуть, что эти материалы не позволят полностью избежать проблем, которые являются частью процесса эксплуатации, но они помогут сократить риск серьезных повреждений и сократить эксплуатационные затраты. Запрос на данные типы материалов и список примеров свидетельствует о том, что данные продукты привлекают заказчиков.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ВОДООБОРОТА И СГУЩЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И ГЛИНОЗЕМА. КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ И «НОУ-ХАУ»

А. В. Бауман, А. И. Степаненко

ЗАО «Гормашэкспорт», г. Новосибирск, Россия

В процессах обогащения и переработки сырья широко применяются процессы сгущения и осветления. Эти процессы тесно связаны как с проблемой внутреннего и внешнего водооборота, так и с обеспечением эффективности технологии производства. Основной парк аппаратов, используемых сегодня, представлен радиальными сгустителями различных типоразмеров с центральным, либо периферийным приводом. Разработаны и эксплуатируются они в основной массе с середины прошлого столетия. Между тем, в последние три десятка лет началось широкое применение реагентов для интенсификации процессов сгущения. Использование в процессе высокомолекулярных флокулянтов требует и соответствующей конструкции сгустителей. Каковы же особенности проектирования процессов сгущения с применением реагентов, и что нужно учитывать в этих случаях?

Начать следует, по-видимому, с терминологии. Первый вопрос, неизменно вызывающий путаницу – определение типа аппарата. При всем многообразии конструктивных исполнений радиальных сгустителей можно выделить три основных типа аппаратов, различающихся как по характеру гидродинамической картины осаждения, так и по специфике решаемых задач.

Первый тип – традиционный сгуститель-отстойник. Характеризуется ламинарной картиной потоков внутри аппарата, невысокой удельной производительностью. Вследствие малой величины отношения высоты к диаметру в этих аппаратах (0,05–0,25), а так же малого угла наклона днища (0–88) в них сложно выдержать запас шлама необходимый для достижения высоких степеней сгущения.

Второй тип – скоростные или, так называемые, – высокопроизводительные.

Отличительными особенностями сгустителей данного типа являются: более высокое значение отношения высоты к диаметру аппарата (0,5–0,7); увеличенный угол наклона днища (до 308); заглубленный в переходную зону между уплотненным шламом и зоной слива питающий колодец; конструкция граблин, позволяющая надежно эвакуировать уплотненный шлам. Гидродинамическая картина процесса более сложна по сравнению с аппаратами первого типа и определяется конструктивными параметрами, объемом подачи питания и разгрузки, запасом шлама внутри аппарата.

Наиболее перспективными в качестве сгустителей и хвостовых промывателей считаются аппараты третьего типа, – т. н. глубокого сгущения или пастовые. Основные отличительные особенности: специальная система подачи флокулянтов в питание, увеличенный слой осадка (зона накопления шлама), специальная конструкция граблин для получения и транспортирования пастообразного осадка, мощный привод, высокое значение отношения высоты к диаметру аппарата (1–6).

Независимо от названия, которое производитель дал своему аппарату, несомненно одно, – все они конструктивно относятся к сгустителям, служат задаче разделения систем жидкое-твердое и подчиняются одним и тем же физическим законам.

Вопросы проектирования новых и модернизации существующих аппаратов тесно связаны с проблемой математического моделирования процесса. Расчет движения частицы твердой фазы основывается на информации о распределении скорости жидкости в аппарате. Ранние работы на эту тему характеризуются сильным упрощением реальной картины движения жидкости в аппарате. В последние годы для описания гидродинамики течения жидкостей в сгустителях всё большую роль играет прямое численное интегрирование уравнений движения совместно с некоторыми гипотезами, применяемыми для замыкания этих уравнений. Несмотря на сравнительно большое число публикаций, посвященных теоретическому анализу движения жидкости, разработка теории до сих пор далека от завершения.

Рассмотрение проблемы математического моделирования гидродинамики потоков и расчета эффективности сгущения является достаточно громоздкой и сложной задачей и выходит за рамки данной статьи. Отметим лишь, что учет всех факторов, влияющих на протекание процесса, в рамках одной модели практически невозможен. На сегодняшний день не существует математических моделей процесса, позволяющих получить корректные расчетные результаты для полидисперсных суспензий, учитывающих воздействие на систему флокулянтов, коагулянтов, pH-модификаторов, изменение содержания твердой фазы в суспензии по зонам и т.д. В гидрометаллургии, к тому же, приходится учитывать еще и физико-химические изменения одной или нескольких фаз в течение процесса.

По нашему мнению, важной задачей при проектировании водооборота и сгущения является выявление основных факторов, влияющих на процесс, и построение на этой основе достаточно простой теоретической модели.

Зачастую конструкторские решения отрабатываются первоначально на пилотных установках, представляющих собой масштабную копию модернизируемого или создаваемого аппарата. Особое значение для проектирования промышленного аппарата приобретают вопросы, связанные с масштабным переходом от модели к промышленному образцу. Теория гидродинамического подобия дает экспериментатору методику выбора критериев подобия и величин масштабного перехода при разработке и исследовании технологических процессов и аппаратов. Однако, в большинстве случаев реализация условий применимости теории практически невозможна или затруднительна. В этих условиях в практике моделирования обычно осуществляют частичное подобие потоков, при котором выполняется условие подобия главных сил, наиболее существенных для рассматриваемого гидродинамического явления.

Как показывает практика моделирования процессов со сложной гидродинамической обстановкой, приемлем метод частичного моделирования процессов с применением системных моделей, каждая из которых описывается с достаточной точностью при помощи только одного из законов подобия. В этом случае выявляются закономерности каждого элемента процесса с получением представления о связях между отдельными частями. Разделение лабораторных исследований на подпроцессы обуславливается невозможностью одновременного моделирования в одной установке двух процессов, например, сгущения и перемешивания, подчиняющихся различным законам.

Нами был разработан метод частичного моделирования или **декомпозиции** процесса с применением системных моделей, каждая из которых, как подпроцесс, описывается с достаточной точностью одним или двумя определяющими параметрами [1].

Что понимается под подпроцессами в нашем случае? Представим процесс сгущения в виде укрупненной последовательности элементарных процессов – **Приготовление флокулянта (коагулянта) – Подготовка пульпы – Смешение реагента с исходной пульпой – Хлопьеобразование – Сгущение (осветление).**

Выпадение или неэффективная работа одного из звеньев этой цепи резко снижает скорость всего процесса. Вместе с тем, подпроцессы настолько связаны друг с другом, что зачастую возможна их совместная реализация в одном аппарате.

Проектирование новых схем и аппаратов, несомненно, более благодарная работа, чем вопросы модернизации, так как, обладая достаточно надежной методикой расчета и опытом, можно принимать изначально корректные решения с большим запасом мощности. Большей частью вопросы водооборота и сгущения возникают на уже действующих производствах, где приходится принимать решения в достаточно стесненных технологических и производственных условиях. Обычно реконструкция переделов сгущения ставит задачи увеличения скорости осветления, степени сгущения твердой фазы, пропускной способности участков. Как ни парадоксально, решение этих задач зачастую не требует кардинальной замены аппаратного парка и вполне выполнимо на существующих площадях, а, зачастую, и с высвобождением части оборудования.

Методика комплексного подхода подразумевает детальное обследование принятой технологической схемы и нахождение оптимальных решений для каждой из стадий процесса. Важно четко осознать определяющие условия и факторы управляющего воздействия каждого из подпроцессов. Модернизация сгущения с учетом особенностей использования флокулянтов предполагает как технологические, так и конструкторские решения. В некоторых случаях достаточно лишь определения и расшивки

«узких» мест процесса для достижения требуемых результатов по оптимизации.

Опустим некоторые теоретические вопросы процесса сгущения, достаточно подробно освещенные нами ранее [2]. Рассмотрим на практических примерах возможность управления подпроцессами сгущения для получения необходимых технологических показателей.

Приготовление флокулянта (коагулянта)

Эффективность процесса сгущения в значительной степени определяется крупностью частиц. В реальных условиях крупность осаждаемых частиц регулируют с помощью коагуляции и флокуляции. Для этого звена технологической цепи важно приготовление флокулянта в максимальном соответствии паспорту реагента. Флокулирующая активность может уменьшаться в процессе приготовления, хранения, транспортирования от места приготовления к сгустителю. Это обусловлено не только уменьшением молекулярной массы вследствие деструкции макромолекул, происходящей в результате химических, физических и микробиологических воздействий, но и увеличением компактности макромолекулярных клубков (глобул) в результате внутримолекулярного перераспределения водородных связей.

Несколько лет назад на Карагайлинской ОФ Компании «Казахмыс» возникла проблема обеспечения регламентной влажности концентрата, отгружаемого потребителям. При экспертизе технологической схемы нами было предложено оптимизировать работу участка сгущения, так как питание фильтров составляла разгрузка сгустителей концентратной пульпы флотации. Узким местом схемы сгущения являлся как раз участок приготовления флокулянта. Участок был удален от сгустителей, и готовый раствор приходилось перекачивать по трубопроводам на расстояние около 300 м. Кроме того, что концентрация рабочего раствора флокулянта не являлась оптимальной для процесса, раскочка реагента производилась центробежными насосами, что значительно ухудшало его активность.

Для увеличения скорости сгущения в два раза оказалось достаточным перенести станцию приготовления непосредственно на участок сгущения, произвести разбавление рабочего раствора реагента с концентрации 0.1 до 0,05 % и отказаться от насосов подачи флокулянта в процесс за счет использования гидростатического напора. Кроме увеличения пропускной способности участка данное решение позволяло увеличить плотность шлама разгрузки сгустителей, что автоматически повышало производительность фильтрации на 25–30 %. Вопрос о приобретении дополнительных фильтров был снят.

Подготовка пульпы

Что касается данного звена процесса, – мы, как правило, не можем воздействовать на химический состав пульпы и минералогический состав твердой фазы питания, которые определяются исходным сырьем. Однако, вполне можем управлять крупностью и содержанием твердого в пульпе. Как правило, при увеличении содержания твердого в пульпе необходимая для нормального течения процесса дозировка флокулянта начинает возрастать в степенной зависимости. В большинстве случаев при достижении определенной объемной плотности заряда частиц твердой фазы, пульпа становится агрегативно устойчивой и процесс разделения фаз прекращается, даже при условии введения очень больших доз реагента.

На одной из новых обогатительных фабрик «Русской медной Компании» возникли проблемы с работой схемы внутреннего водооборота. Рассматривался вопрос о необходимости строительства дополнительных мощностей по сгущению и приобретению дополнительных аппаратов. При анализе технологического регламента было обращено внимание на высокое содержание твердого в пульпе питания сгустителей. Последующие лабораторные исследования подтвердили, что содержание твердого, регламентированное водно-шламовой схемой для питания сгустителей медного концентрата, в два раза превышало максимально допустимое для обеспечения нормального процесса разделения. Для пульпы хвостов обогащения удельная нагрузка по твердому на сгуститель превышала возможную для данного аппарата в полтора раза. Было предложено для сгущения медного концентрата ввести в водно-шламовую схему ветвь разбавле-

ния питания перед сгущением за счет ретурна части осветленной воды. Для снятия излишней нагрузки хвостового сгущения была предложена установка батарейного гидроциклона перед сгустителем с отправкой песков разгрузки гидроциклонов непосредственно на фильтрацию, минуя сгущение.

Общая стоимость мероприятий по оптимизации оказалась в 2,5 раза меньше стоимости первоначального варианта и реализовывалась на существующих площадях.

Смешение реагента с исходной пульпой – Хлопьеобразование

Значительного повышения эффективности сгущения можно добиться оптимизацией смешения реагентов с суспензией. Приготовленный раствор флокулянта через дозирующее устройство и смеситель вводят в суспензию. Перемешивание суспензии с реагентами целесообразно осуществлять в две стадии, причем первую стадию проводить в режиме, приближающемся к режиму идеального смешения, а вторую в камерах хлопьеобразования – в режиме идеального вытеснения по жидкой фазе. Это обусловлено тем, что на первой стадии должно быть обеспечено равномерное распределение реагента по всему объему суспензии, а на второй – создание условий, исключающих распад образовавшихся агломератов. Оптимизация режима смешения может привести к более эффективному использованию, а в некоторых случаях и к значительному сокращению расхода флокулянта. При интенсивном перемешивании увеличивается вероятность сорбции на поверхности частиц флокулянтов, что приводит к экономии реагента и одновременному увеличению прочности связи частиц в микрохлопьях. Вероятность столкновений между частицами, а значит и эффективность при второй стадии флокуляции возрастает с увеличением интенсивности перемешивания. Однако, при достижении определенного скоростного градиента образующиеся флокулы начинают разрушаться. Для промышленно применяемых флокулянтов рекомендуемое значение скоростного градиента для стадии смешения питания сгустителя и реагента составляет $\sim 300 \text{ с}^{-1}$, для стадии хлопьеобразования $\sim 20\text{--}70 \text{ с}^{-1}$. При выборе режима смешения необходимо учитывать состав и физико-химические свойства суспензий, а также вводимых реагентов.

Так, к началу 2000-го года участок сгущения красного шлама АО «Алюминий Казахстана» был одним из «узких» мест в технологии производства глинозема. Вопрос повышения объемов выпуска продукции был достаточно проблематичен ввиду работы участка на предельной пропускной способности. Возможность увеличения производительности узла за счет приобретения дополнительных аппаратов сдерживалась отсутствием необходимых для их размещения производственных площадей. После цикла опытных испытаний на пилотных установках была произведена реконструкция действующих пятирусных сгустителей красного шлама. Ярусы на существующих аппаратах были удалены. Взамен демонтированных прежних питающих колодцев были установлены рассчитанные по результатам пилотных испытаний камеры смешения и камеры хлопьеобразования.

Модернизация сгустителей и промывателей красного шлама позволила при тех же удельных расходах флокулянта увеличить чистоту и скорость слива до $0,8\text{--}1,5 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{час}$ (в зависимости от дозировки реагента и характеристик пульпы питания) против $0,28\text{--}0,34 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{час}$ на традиционных отстойниках. За счет лучшего уплотнения твердой фазы в модернизированных аппаратах было принято решение о замене последующей промывки шлама на прямую 3-х стадийную фильтрацию. Это обеспечило сокращение объема воды, вводимой в процесс, снижение потерь за счет гидролиза, позволило сжать растворные потоки, а так же демонтировать высвободившиеся сгустители с получением площадей для размещения оборудования под программу увеличения производительности предприятия.

Последующая реконструкция сгустителей шлама спекательной ветви позволила при снижении в два раза расхода вводимого в процесс флокулянта обеспечить получение чистых сливов при увеличении скорости слива на 30%, увеличить содержание твердой фазы в нижнем продукте в 1,15 раза. Естественно, решение данной задачи стало возможным только на основе изучения особенностей пульпы питания, применяемых флокулянтов и расчетов гидродинамики аппарата, обеспечивающей оптимальное их использование. На сегодняшний день на предприятии с учетом результатов многолетней промышленной эксплуатации произведена реконструкция и сгустителей белого шлама.

Сгущение (осветление)

Данные процессы проходят непосредственно внутри сгустителей. Эффективность этих процессов зависит не только от оптимальной организации предварительных под-процессов, рассмотренных выше, но и от конструктивных особенностей аппаратов.

Опыт практической работы с промышленными сгустителями показывает, что в зависимости от постановки задачи, можно обеспечить увеличение производительности существующих аппаратов до 3 раз, снижение Ж: Т шлама до 1.5 раз, снижение удельных расходов флокулянтов до 2 раз.

Основные пути и «ноу-хау» модернизации и реконструкции существующих радиальных сгустителей были отражены нами в работах [3, 4]. Остановимся на основных из них.

Прежде всего, это изменение конструкции аппаратов путем установки камер хлопьеобразования, систем удаления шлама с особой конструкцией граблин, систем подачи питания и реагентов, обуславливающих оптимальные условия для взаимодействия пульпы питания с флокулянт. Это дает возможность модернизации аппаратов без их демонтажа, с использованием существующих опор и фундаментов, обечаек, ферм привода, а так же возможность использования существующих редукторов без их замены на более мощные при снижении Ж: Т шлама разгрузки до полутора раз за счет изменения гидродинамики потоков в аппарате и перераспределения шлама от периферии к центру сгустителя.

Перспективным решением вопроса увеличения запаса мощности и надежности сгустителей, является гребковая система удаления шлама волокушного типа, рисунок 1.



Рис. 1. Система шламоудаления волокушного типа

Граблины такой системы вынесены из зоны нахождения плотного шлама. К ним на цепной или тросовой подвеске крепятся волокуши (литые или изготовленные из крановых или ж/д рельс). Как показывает практический опыт эксплуатации, подвесные волокуши нечувствительны к попаданию внутрь чана инородных предметов и гарантируют отсутствие заклинивания привода даже при чрезмерном зашламлении аппарата. Эта особенность позволяет удешевить и упростить конструкцию за счет отказа от механизма подъема вала и системы контроля крутящего момента. Минимальная возможная поверхность для отложения осадков на механизме позволяет, кроме того, увеличить межремонтный пробег от 1,5 до 2 раз.

Учитывая большое количество находящихся в эксплуатации сгустителей с периферийным приводом, перспективным направлением является реконструкция этих аппаратов в скоростные сгустители с центральным приводом на ферме, устанавливаемой на существующий чан, рисунок 2.

С одной стороны в процессе модернизации мы получаем более мощные аппараты, лишенные недостатков периферийного привода, с другой – использование центральной опорной колонны существующего чана позволяет снизить металлоемкость аппарата в полтора раза. Как следствие – снижение затрат и материалов на реконструкцию, а так же значительное снижение сроков реализации проектов.



Рис. 2. Модернизация радиального сгустителя с периферийным приводом на ДОФ «Оловокомбинат» г. Новосибирск



Рис. 3. Тонкослойные сгустители ЗАО «Гормашэкспорт»

Еще одно направление – применение тонкослойных сгустителей, позволяющих значительно сократить площади, занимаемые оборудованием. Модульная конструкция блоков позволяет использовать их в качестве самостоятельного элемента, рисунок 3, или в составе сгустителей различной конструкции. В сгустителях комбинированного типа в качестве корпуса используется чан радиального сгустителя, рисунок 4. Сгущение пульпы и осветление жидкой фазы осуществляется в осадительных блоках, расположенных по периметру чана. Разгрузка осадка осуществляется граблями радиального сгустителя. Использование сгустителей комбинированного типа позволяет увеличить производительность участков сгущения до 2-х и более раз.

Применение тонкослойных осветлителей особенно эффективно в случаях необходимости дополнительного осветления пульпы основных сгустителей.



Рис. 4. Установка блока тонкослойного сгущения в радиальный сгуститель на фабрике РГОК АО «Казцинк»

Так в свое время перед нами стояла задача получения чистых сливов сгустителя пульпы в отделении мокрого помола ОАО «Ванадий-Тула».

Заказчиком изначально предполагалось приобретение и установка на участке дополнительного скоростного сгустителя для обеспечения требуемого качества оборотной воды. При экспертизе работы участка было установлено, что удельная нагрузка по твердому на существующий сгуститель находится в пределах допустимой для данного типа материалов и сгущение твердой фазы вполне обеспечивается существующим аппаратом. Однако для полного осветления оборотной воды недостаточно площади зеркала слива сгустителя. Как вариант, нами была предложена установка на линии слива основного сгустителя компактного тонкослойного осветлителя для доосветления слива до регламентных характеристик. Стоимость такого решения оказалась почти в три раза меньше, чем первоначальный вариант.

Из опыта практической работы нужно отметить, что при экспертизе существующих схем водооборота и сгущения на действующих предприятиях всегда находятся «узкие» места, расшивка которых позволяет достичь необходимого эффекта без приобретения дорогостоящего оборудования. Более того, комплексный подход к проблемам сгущения, кроме экономии капитальных затрат, позволяет зачастую реально сокращать сроки реализации проектов, при высокой достигаемой при этом эффективности.

В качестве примера, вернемся к модернизации сгущения красного шлама на Павлодарском алюминиевом заводе. Работы по модернизации были инициированы в 2000 году и к концу 2002 года на участке сгущения красного шлама на технологию работало уже восемь модернизированных сгустителей диаметром 20 м.

В 2002–2003 г. на Богословском алюминиевом заводе была поставлена такая же задача по переходу от двадцатиметровых многоярусных сгустителей красного шлама к скоростным одноярусным. Надо отметить, что свойства бокситов, используемых в производстве глинозема на обоих заводах, были на тот момент сходны, как и проблемы, вызываемые их качеством при сгущении. К концу 2005 г. на ОАО «Богословский алюминиевый завод» был запущен новый одноярусный сгуститель № 1/1. Производительность нового сгустителя по сливу составила 500–520 м³/ч, против 150 м³/ч до реконструкции. Для этого был произведен демонтаж одного из старых аппаратов, приобретен и установлен новый высокоскоростной сгуститель и система управления.

При модернизации участка сгущения на ПАЗе не приобреталось нового оборудования, элементы конструкций смесительных камер, камер хлопьеобразования и системы шламоудаления были изготовлены из собственных материалов и силами предприятия. В результате затраты предприятия на модернизацию всего участка сгущения оказались того же порядка, что и затраты на приобретение и установку одного сгустителя на БАЗе при сравнимых технических характеристиках единичных аппаратов и сроках реализации проектов.

В любом случае, решение вопроса целесообразности тех или иных изменений технологической схемы или конструкции аппаратов должно основываться на выявлении главных закономерностей и особенностей сгущения конкретной пульпы, для конкретных производственных условий, с учетом лабораторных данных, а при необходимости и данных пилотных испытаний. Зачастую механический перенос работоспособной конструкции даже на одном предприятии из условий одного технологического участка в другие, приводит к прямо противоположным от желаемых результатам.

В конечном итоге все решения по оптимизации процессов сгущения и водооборота направлены на оптимизацию работы последовательности Приготовление – Подача – Дозирование – Смешение реагента – Обеспечение условий эффективной работы реагента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бауман А. В. Методы и особенности моделирования гидромеханических процессов глиноземного производства. //Алюминий Сибири – 2002 г.: Сборник научных статей/Красноярск: «Бона компани», 2002.-С. 324–327.
2. Ибрагимов А. Т., Бауман А. В., Фатюшин М. В. Модернизация сгустителей глиноземного производства // Алюминий Сибири – 2007 г.: Сборник научных статей/Красноярск: ООО «Версо», 2007.-С. 234–238.
3. Степаненко А. И., Бауман А. В. Интенсификация процессов глиноземного производства. //Алюминий Сибири – 2008 г.: Сборник научных статей/Красноярск: ООО «Версо», 2008.-С. 385–388.
4. Бауман А. В. Реконструкция и модернизация радиальных сгустителей. //VIII Конгресс обогатителей стран СНГ: Сборник материалов. Том 1/М: МИСиС, 2011.-С. 35–38.

ЭКСПРЕСС-МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ХИМСОСТАВА АЛЮМИНИЯ

Е. В. Бессонов

ООО «Термо Техно», г. Москва, Россия

Корпорация «Thermo Fisher Scientific» является поставщиком аналитического оборудования для всех ведущих мировых производителей в алюминиевой промышленности: ОК РУСАЛ, Alcan (Rio Tinto), Hydro, Alcoa, Hindalco (Aditya Birla).

На предприятиях ОК РУСАЛ работает 52 спектрометра ARL производства «Thermo Fisher Scientific».

Корпорация «Thermo Fisher Scientific» и ООО «Термо Техно» могут предложить аналитическое и пробоподготовительное оборудование для всего производственного цикла от контроля сырья и технологического контроля до контроля готовой продукции:

- Оптико-эмиссионные спектрометры ARL 3460 и ARL 4460 для анализа чистого алюминия, алюминиевых сплавов и возможностью анализа металлических и неметаллических включений.
- Рентгенофлуоресцентный спектрометр ARL Pot Flux Analyser для реализации действующих методик по экспресс анализу криолитового отношения, определения Mg и Ca.
- Рентгенофлуоресцентный спектрометр ARL Pot Flux Analyser для проведения полного фазового анализа и определения Ca.
- Оборудование для подготовки проб к анализу (в автоматическом и ручном режиме), в том числе производства компании «Herzog».
- Автоматизированные лаборатории для проведения анализа криолитового отношения, готовой продукции и сырьевых материалов.

ООО «Термо Техно» обладает штатом прошедших обучение на заводах-изготовителях и сертифицированных технических специалистов, обеспечивающих сервисное обслуживание спектрометров «Thermo Fisher Scientific» и станков «Herzog», аналитическую поддержку пользователей поставляемого оборудования.

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОБИРНОГО АНАЛИЗА

Е. В. Бессонов

ООО «Термо Техно», г. Москва, Россия

Пробирный анализ – метод количественного определения содержания металлов, главным образом благородных, в рудах, различных продуктах металлургического производства, отходах, сплавах, изделиях и др.

Для пробирного анализа большого количества образцов в настоящее время создаются автоматизированные системы. Современные системы автоматизированного пробирного анализа позволяют:

- быстро и с высокой точностью проводить контроль содержаний благородных металлов;
- уменьшить себестоимость каждого анализа;
- увеличить количество анализируемых проб за единицу времени (час, смену, сутки);
- приблизить автоматизированную лабораторию к технологическим участкам (рудники, обогатительные комплексы...) и обеспечить своевременное влияние на технологический процесс;
- отказаться от метода купелирования, сопровождаемого свинцовыми испарениями;
- проводить экспресс анализ проб различного состава анализируемого материала;
- одновременно с пробирным анализом проводить анализ основных элементов;
- избежать необходимости в постоянном присутствии высококвалифицированного персонала.



Современные автоматизированные комплексы позволяют проводить плавку с различными видами шихты, проводить плавку на никелевый штейн с дальнейшим автоматическим анализом, в автоматическом режиме проводить выбор шихты и метода плавления в зависимости от состава анализируемого материала.

Корпорация «Thermo Fisher Scientific» имеет большой опыт в разработке, установке и эксплуатации автоматизированных систем для пробирного анализа в различных странах мира: ЮАР, Австралия, Канада, Швеция, Бельгия. В России эксклюзивным дистрибьютором «Thermo Fisher Scientific» в области оптико-эмиссионных и рентгенофлуоресцентных спектрометров, а также автоматизированных систем на их основе является ООО «Термо Техно».

ООО «Термо Техно», имея 11-летний опыт работы в России, Украине, Белоруссии, обладает штатом прошедших обучение на заводах-изготовителях и сертифицированных технических специалистов, обеспечивающих сервисное обслуживание спектрометров «Thermo Fisher Scientific» и станков «Herzog», автоматизированных лабораторий, аналитическую поддержку пользователей поставляемого оборудования.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ТРУДА И ЕЕ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

О. М. Зотков

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

Реализация курса на ускорение социально-экономического развития страны, удвоение ВВП в ближайшие годы [1], требует глубоких качественных преобразований во всей системе хозяйствования, включая её первичного звена – субъектов хозяйствования, независимо от формы собственности и организационно-правовой формы. Успешное решение данной задачи, по нашему мнению, возможно при внедрении интенсивных методов хозяйствования, при создании экономических условий перевода производства на преимущественно интенсивный путь развития, что обеспечивает в конечном итоге рост стоимости бизнеса, производительности труда и уровень оплаты труда. При этом в полной мере осознаётся, что средства по ускорению развития отдельных предприятий, отраслей промышленности, муниципальных образований, регионов и экономики страны в целом не могут успешно осуществляться изолированно, они должны быть увязаны с процессом развития производства в целом, с экономическими и административными рычагами государственного воздействия на бизнес и его поддержкой. Правомерность осуществляемых решений должна базироваться на сочетании результативности применяемых критериев и показателей технико-экономической и социально-экономической эффективности проектов и мероприятий. Только опираясь на надёжную и обоснованную систему критериев и показателей эффективности, охватывающую все стороны и звенья воспроизводства, можно успешно решать задачи экономического роста страны, непрерывного повышения эффективности и качества работы в сфере предпринимательства.

В отечественной практике на протяжении многих лет при спаде производства, резком увеличении безработицы и извлечении денежных средств из сферы производства на всех иерархических уровнях управления производством допущено игнорирование проблемы производительности труда, проблемы интенсификации производства, проблемы интенсивного развития экономики. Из официальных правительственных документов по вопросам промышленной политики исключено понятие «производительность труда». Величина производительности труда [1] исключена из государственной статистики показателей предприятий, отраслей, регионов, всего народного хозяйства страны. Отмеченный факт свидетельствует о том, что, в период становления новых форм собственности, развития рыночных отношений, интенсификация производства, характеризующая тип экономического роста, интенсивный тип воспроизводства товаров и услуг, была незаслуженно принижена. Это выразилось в уменьшении, а при реализации инвестиционных проектов, и полной ликвидации льготных финансово-экономических условий, включая налоговых, связанных с внедрением научно-технических достижений в сфере производства, обновлением основного капитала. Опыт стран с устойчивой рыночной экономикой показывает [2], что экономический рост в долговременном плане определяется уровнем тех инвестиций, которые направляются на увеличение производственного аппарата и его интенсивности использования, его модернизацию и реконструкцию, на НИР и опытно-конструкторские работы в области инноваций. Не последнюю роль играют и инвестиционные вложения, связанные с повышением образовательного и культурного уровня, улучшением бытовых условий работников труда.

Интенсивный путь развития экономики характеризуется опережающим ростом валового внутреннего продукта по сравнению с увеличением текущих и единовременных затрат. На уровне предприятия – ростом чистого дохода на единицу затрат. В данной взаимосвязи, на любом уровне хозяйствования, эффективность представляется целью, а интенсификация – на определённом этапе экономического развития процессом достижения цели путём применения всё более эффективных средств производства. При этом НТП, как основа интенсификации, создаёт новые технологии и средства тру-

да, выступает материальной движущей силой интенсивного роста производительных сил, экономических результатов и развитие рыночного механизма дополняют этот фактор и в органическом единстве в итоге совершенствуют экономику интенсивного типа. Вместе с тем наряду с факторами, стимулирующими интенсификацию, имеются и факторы негативного характера, тормозящие этот процесс. К ним относятся – инфляция, недостатки в системе налогообложения и нормировании труда, высокая стоимость заёмных средств, систематическое удорожание сырьевых и материальных ресурсов, несбалансированность в развитии ряда отраслей, рост интенсивности труда и др.

Особо следует отметить и такой негативный фактор как недопустимо низкий уровень оплаты труда, который способствует сохранению экономически неэффективных рабочих мест, деформирует систему спроса и предложения на рабочую силу, не стимулирует внедрение эффективных и современных технологий, ограничивает рост внутреннего потребительского спроса. Повышение производительности труда за счет роста интенсивности труда без должной его механизации и автоматизации не может создать в производстве необходимого социального климата и улучшить обслуживания оборудования, повысить культуру производства и удовлетворенность трудом. В сочетании с неудовлетворенностью наемного работника уровнем оплаты труда рост интенсивности труда в конечном итоге приводит к нежелательным последствиям в экономике производства предприятия. Увеличивается текучесть рабочей силы, ухудшается контроль технологических параметров. Необходимость нейтрализации влияния этих факторов обуславливает необходимость совершенствования финансово-экономических методов управления интенсификацией и прежде всего на основе управления доходами и затратами, выбранного критерия и показателей результатов интенсификации производства.

Особенность экономической оценки уровня интенсификации производства в рыночных условиях должна быть увязана и с оценкой стоимости бизнеса, приносящего прибыль, с созданием стоимости для владельцев собственности и ее дальнейшим ростом. Финансовые менеджеры, владельцы, инвесторы и кредиторы используют различные методы оценки стоимости бизнеса при интенсификации производства предприятия, основой которых могут быть чистые активы, прибыль или ожидаемые потоки денежных средств, в том числе в виде текущей (дисконтированной) стоимости. Все заинтересованные лица могут иметь разные причины оценки стоимости бизнеса с позиции поиска компромисса между риском и доходностью. Тот факт, что интенсификация бизнеса может оцениваться различными подходами, что ожидания (эффект) будущего могут изменить стоимость, является ключом к пониманию того, почему менеджеры, инвесторы, потенциальные владельцы, кредиторы и аналитики получают разные величины стоимости бизнеса [2]. Следовательно, интенсификация производства это комплексная проблема, она затрагивает на уровне субъекта хозяйствования все стороны его предпринимательской деятельности предприятия – текущую, инвестиционную и финансовую. Наибольший экономический успех достигается, когда она решается и реализуется комплексно в увязки всех элементов производственных ресурсов предприятия -основного и оборотного капитала, трудовых ресурсов. Односторонний подход приводит к появлению диспропорций в использовании отдельных экономических ресурсов предприятия, к снижению эффективности предпринимательской деятельности предприятия, к снижению предпринимательского интереса к интенсификации производства и труда, как со стороны собственника имущественного комплекса, так и инвесторов.

Обоснование критерия и показателей результатов интенсификации производства является исходным методологическим условием в разработке мероприятий направленных на повышение эффективности предпринимательской деятельности за счёт интенсивных факторов развития предприятия. Если критерий характеризует качественную направленность результативности интенсификации производства (максимизацию конечных результатов или минимизацию затрат), то показатели отражают его количественную сторону в различных аспектах. Критерий не должен отождествляться, с каким либо отдельным показателем эффективности. Критерий в отличие от показателей должен содержать более чёткие цели социально- экономических последствий, так как в противном случае существование критерия теряет самостоятельное значение. Отмеченный подход позволяет оценить эффективность и последствия интенсификации комплексно в тесной увязке с целью предпринимательской деятельности, с интересами собственников и инвесторов, достижением по-

ложительного социального эффекта. При чём оценить на всех уровнях хозяйствования – структурного подразделения, предприятия и народного хозяйства в целом.

Но возникает проблема – как соединить в оценке эффективности интенсификации производства технико-экономическую и социально – экономическую эффективность. Ряд авторов выделяют три вида эффективности – экономическую, социальную и социально-экономическую, однако границы между этими понятиями достаточно расплывчаты. Это связано, на наш взгляд, с отсутствием единого подхода к определению вида результатов, затрат и ресурсов для измерения экономического роста. Разброс мнений проявляется, прежде всего, в обосновании сущности, состава и структуры эффекта и затрат в условиях становления товарного рынка и всех его атрибутов, направлений его развития.

Проявление многообразных видов эффективности объективно в своей основе. Они являются результатом функционирования материальной основы производства, развития производительных сил и производственных отношений. Выделение социальной или социально-экономической эффективности в самостоятельный вид и необходимость её учёта в решении хозяйственных задач, в том числе и предпринимательской деятельности, авторы связывают с отрицательными последствиями от реализации отдельных направлений развития производства, необходимостью более полного отражения социальных потребностей общества в жизнеобеспечении человека. Многочисленные методологические попытки выделить экономическую направленность развития производства отдельно от социальной эффективности оказались неудовлетворительными. Объединить социальные характеристики экономической деятельности со стоимостными показателями в одно целое, называя полученный результат уровнем социально-экономической эффективности, также не принесли успехов. Сконструированные математические формулы эффективности, в числителе которых в качестве эффекта содержатся и социальные параметры развития личности, общества, так и не нашли практического применения. Другими словами, социально-экономическая эффективность как интегральная результативность проявления социальных и экономических характеристик в развитии производства не поддаётся прямым количественным выражениям.

В связи с выделением двух видов эффективности необходимо дать определение понятиям – экономический эффект технико-экономической эффективности и социальный эффект социально-экономической эффективности. Под экономическим эффектом общественного производства автор понимает количественные результаты деятельности, имеющие непосредственно стоимостную оценку. Остальные формы эффектов экономической деятельности, которые подлежат только качественной или количественной оценке в натуральных (относительных) единицах измерения, например уровень загазованности, коэффициент травматизма, показатель текучести кадров и т. п., без выяснения их стоимостной величины определяем как социальные. Более того, в контексте со сказанным следует особо подчеркнуть, что уровень развития социальных параметров общества выходит далеко за пределы чисто экономических явлений производства. Большинство социальных эффектов проявляются за рамками производства в непроизводственной сфере под влиянием экономических отношений, складывающихся в обществе, но которые прямым и косвенным образом оказывают воздействие на результативность любого субъекта хозяйствования.

Внеэкономические факторы эффективности трудно, а подчас невозможно выразить и измерить количественно в обобщённой форме. Но это обстоятельство не освобождает от необходимости их учёта в качественном отношении или сугубо в ориентировочных количественных измерителях. Исключение из проблемы эффективности социальных характеристик не позволяет всесторонне осветить эту проблему. В то же время существование отдельных самостоятельных видов эффективности без объединяющего начала не может дать однозначного ответа о величине и динамике эффективности общественного производства. Возникает, казалось бы, неразрешимая проблема по оценке эффективности общественного производства: составляющие суммарной эффективности не сводимы в единый обобщающий экономический результат. Но так ли это важно для практической деятельности; все ли методики, подходы, модели, используемые экономической наукой, действительно лишены всякого рода допущений и условностей; не содержит ли элемент условностей аспект разделе-

ния результатов хозяйственной деятельности, оценки направлений интенсификации производства на различные виды эффективности?

Большинство известных методик оценки определения эффективности капитальных вложений, портфельных инвестиций, оценки недвижимости и др., применяемых для обоснования социально-экономической эффективности хозяйственных мероприятий, содержат компоненты условностей в оценке социального результата. Налицо стремление преломить социальный эффект в рамках экономического, измерить его стоимостными мерками. Данное обстоятельство необходимо отметить и в отношении методик ценообразования на отдельные виды товаров, калькулирования (обоснования) себестоимости продукции при переработке комплексного сырья. Методиками повсеместно пользуются экономические службы, финансовые менеджеры и не ставится вопрос об их ненужности.

Не являются исключением подходы к обобщающей оценке эффективности развития конкретных экономических систем. В масштабе народного хозяйства, промышленности, предприятия её определение сводится к расчёту общеэкономической эффективности с дополнением специальных показателей, отражающих отдельные стороны социальной (социально-экономической) эффективности развития производства, техники и технологии. Разделение эффектов по отношению к стоимостной базе, несомненно, несёт значительный элемент условностей, но он необходим, чтобы решать конкретные вопросы, связанные с обоснованием экономической (технико-экономической) и социальной (социально-экономической) эффективности общественного производства.

Следовательно, социально-экономическая и технико-экономическая эффективность – это две взаимосвязанные стороны развития «одной медали» – производства, различные по содержанию, роли и значимости, которые в качественном и количественном измерении опосредствуются, по нашему мнению, в общеэкономической эффективности способа производства. Производительные силы не могут функционировать вне производственных отношений, а производственные отношения существовать без производительных сил. Социально-экономическая эффективность не может быть реализована без учёта технико-экономической и наоборот. Но если способ производства – единство производительных сил и производственных отношений, а общеэкономическая эффективность – единство технико-экономической и социально-экономической, то необходимо признать, что результативность развития производительных сил характеризуется технико-экономической эффективностью, а производственных отношений – социально-экономической. С другой стороны, как невозможно просуммировать уровни развития производительных сил и производственных отношений, так этого нельзя сделать в отношении оценки технико-экономической и социально-экономической эффективности. Виды эффективности, выражаясь категориями математиков, не аддитивны. Они представляют собой диалектическое единство двух видов эффективности. Технико-экономическая и социально-экономическая эффективность производства обособлены в соответствии с их содержанием и в то же время не могут проявиться друг без друга.

Научное разделение двух видов эффективности в практическом применении к выбору наиболее эффективных форм хозяйствования, направлений интенсификации производства состоит в том, что технико-экономическая рассчитывается, а социально-экономическая задаётся. Причём, будучи заданной, относительно определённого потенциала социального развития, она затем входит в число важнейших социально-экономических ограничений, учитываемых при поиске технико-экономической эффективности. Только такой подход позволяет в масштабе народного хозяйства и хозяйствующих субъектов устранить остаточный принцип планирования социальных благ, усилить социальную защищённость работников труда и каждого его члена в условиях социально-ориентированной рыночной экономики.

Предложенное определение категории эффективности открывает широкие возможности для совершенствования производства, внедрения интенсивных методов хозяйствования мерой которых становится результативность использования живого и овеществлённого труда, формирование эффективной структуры рыночной экономики.

В условиях экономической нестабильности и преодоления стагнации в развитии отдельных отраслей промышленности, трудностей вхождения в мировой и отечественный рынок несовершенства налоговой системы, наличия инфляции, высокой стоимости заёмного капитала многие отечественные предприятия имеют значитель-

ные возможности в дальнейшей интенсификации производства и на этой основе увеличение экономического потенциала. Это особенно касается предприятий сформировавших солидный научно-исследовательский потенциал, накопленный ещё в годы плановой экономики, например предприятиями цветной металлургии. Мощный инновационный ресурс предприятий позволяет не только сокращать время внедрения и освоения новых технологий, но и создавать их самим, находить технические решения, которые при минимальных затратах позволяют существенно увеличить производительность оборудования и производственную мощность предприятия.

Высокая конкурентоспособность продукции предприятий цветной металлургии во многом способствовала предотвращению значительного спада промышленного производства в отрасли в период рыночных преобразований по сравнению с предприятиями других отраслей промышленности. Цветные металлы и их сплавы по-прежнему являются востребованными отечественными и зарубежными потребителями, их производство притягательно для бизнесменов России и зарубежных стран в виду рентабельности и окупаемости инвестированного капитала. Накопленный научный потенциал в области металлургии цветных металлов становится особенно востребованным при стабилизации экономического развития страны, укреплении и совершенствовании государственного механизма управления субъектами федерации. Основная цель его применения при возрастании спроса потребителей и расширении рынков сбыта – производство новых видов цветной металлопродукции, расширение масштабов производства, снижении эксплуатационных затрат на основных металлургических переделах и на этой основе рост прибыли от реализации продукции, совокупного дохода и рыночной стоимости предприятия. Реализация научного потенциала в области промышленного производства создаёт реальные возможности для наращивания выпуска конкурентоспособной продукции и экономии долгосрочных инвестиций. Эффективность обеспечивается за счёт интенсивных факторов развития производства, интенсификации технологических режимов по сравнению с экстенсивными факторами – новым строительством и расширением.

В рыночных условиях выбор формы воспроизводства активов предприятия (новое строительство, расширение, реконструкция, техническое перевооружение) определяется предприятиями самостоятельно в зависимости от их финансового и экономического положения. Вместе с тем финансовая нагрузка на инвестора, на собственника при отмеченных формах воспроизводства существенно различается – от самой высокой при новом строительстве или расширении и относительно небольшой при техническом перевооружении. Это обстоятельство свидетельствует, что при выборе направлений наращивания производственной мощности предприятия необходим технико-экономический подход, позволяющий сбалансировать производственные возможности с позиции развития техники и технологии, с экономической целесообразностью. Сбалансированность достигается на основе управления затратами (инвестиционными и текущими) и доходами, возможности прогнозировать их динамику и характер изменения с изменением факторов производства (экстенсивных и интенсивных) с выходом на конечный финансовый результат, определяющий эффективность использования основного и оборотного капитала, имущества предприятия, реализованных инвестиций.

Проблема обоснования эффективного направления дальнейшего развития производства актуальна и для предприятий, специализированных на производстве электролитической меди [3]. За последние 40 лет предприятия накопили производственный опыт по интенсификации процесса электроосаждения катодного осадка. Опыт базируется на мировой практике, в которой сохраняется устойчивая тенденция производства меди по технологии электролитического рафинирования, но с усиленными требованиями к качеству выпускаемой продукции. Это позволяет не только получать катодный металл высокой чистоты, отвечающей требованиям ЛБМ, но и повысить комплексность использования сырья, предотвратить потери драгоценных металлов. По-прежнему является конкурентной технология электролитического рафинирования с двухмерными электродами. Постоянно совершенствуются конструкция ванн, ошиновка, химический состав и геометрия анодов, контроль коротких замыканий, загрузка и выгрузка анодов, обслуживание ванн, транспортные потоки, внедряются интенсифицированные режимы электролитического рафинирования катодного металла (повышением плотности тока, увеличением катодной поверхности). Технология электролиза с плот-

ностью тока на товарных электролизных ваннах отрабатывалась в широком интервале от 180–200 до 300–310 А/м². В отдельные периоды нагрузка на ваннах поддерживалась свыше 315–325 А/м². На одном из отечественных предприятий страны успешно проведены промышленные испытания электрорафинирования меди с реверсом тока. Плотность тока на товарных ваннах составила 340–360 А/м². Повышение суточной производительности ванн явилось следствием реализации целого комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на интенсификацию и совершенствование технологического режима – подбор оптимального состава электролита, температурного, циркуляционного и коллоидного режимов, на улучшение технического базиса электролизного производства. Цель мероприятий – обеспечить высокое качество катодного осадка; сократить расход технологической электроэнергии; сохранить коэффициент использования тока на уровне 94–96 %, что характерно в основном для низких значений плотностей тока; не допустить снижение уровня экстенсивного использования ванн; снизить затраты на производство катодной меди [4].

В то же время исследования в области интенсификации производства и труда применительно к гидроэлектрометаллургическим производствам, убедительно показали, что темпы интенсификации технологических процессов основанные на повышении токовых нагрузок на ванну значительно опережали темпы создания и внедрения новых образцов оборудования в области механизации и автоматизации трудоёмких работ, связанных с обслуживанием процесса электроосаждения меди: загрузка и выгрузка анодных остатков, катодов, основ, шлама, контроль коротких замыканий, сдирка основ и катодного осадка, где доля ручного труда на отдельных операциях составляет 30–40 % и более. На отдельных технологических операциях производства катодной меди возросла интенсивность труда.

Появление диспропорций в использовании средств производства и трудовых ресурсов во многом обусловлено недостатками в нормировании труда. Существующая практика планирования производительности труда, численности рабочих базируется на факторном расчете, который практически не учитывает изменение уровня интенсивности труда вследствие отсутствия разработанных методик и формул для ее расчета. В производственных структурных подразделениях предприятий изменение интенсивности труда в большинстве случаев определяется, исходя из практического опыта и инженерных знаний нормировщиков, технологов, что не исключает определенных искажений при планировании численности работающих, фонда заработной платы. Повышение уровня нормирования труда в условиях интенсификации производства – одно из важнейших направлений организационной и плановой работы, позволяющее не только вскрыть внутрипроизводственные резервы, повысить уровень планирования трудовых ресурсов, но и обеспечить точный учет повышения интенсивности труда при массовом применении принципиально новых машин и оборудования, технологии, соответствие в оплате труда. Практический опыт показал, что интенсификация отдельных элементов производственного процесса без должной увязки её с техникой, технологией, организацией труда, финансовым планированием текущей, инвестиционной и финансовой деятельности и др., отрицательно влияет на основные показатели предпринимательской деятельности. Только комплексный подход к решению задачи интенсификации производства позволяет обеспечить максимальный финансово-экономический эффект производства, преимущества интенсификации медеэлектролитных производств по сравнению с экстенсивным направлением развития производства, расширить экономические границы интенсификации.

Использование интенсифицированных режимов электроосаждения меди, с учетом устранения отмеченных диспропорций, рассматривается мировой практикой как способ увеличения катодной меди альтернативный новому строительству. Это позволяет:

- увеличивать производительность оборудования, изменять производственную мощность и производственную программу предприятия в зависимости от спроса на медь на отечественном и международных рынках;
- выбирать наиболее экономичный режим электроосаждения катодной меди с учётом цен на потребляемые материальные ресурсы и инвестиционных затрат на повышение технического уровня производства;
- формировать рыночную цену на электролитный металл в соответствии со спросом и предложением, с учётом действующего налогового законодательства;

– оперативно реагировать на изменение спроса и цен на медь на международных рынках с учётом таможенного законодательства.

Исследованиями установлено [3–4], что под влиянием факторов внешней и внутренней среды, определяющих особенности развития предприятия, формируется наиболее экономичный режим интенсификации процесса электролиза меди. Это обстоятельство в конечном итоге и определяет граничные пределы интенсификации производства на основе модернизации и технического совершенствования действующей технологии по сравнению с вариантом экстенсивного развития – расширением или новым строительством. При этом интенсификацию производства, ещё до проведения расчётов по количественной оценке её эффективности, следует рассматривать в контексте стратегических и тактических целей предприятия, выбранного научно-обоснованного критерия и экономических показателей развития предприятия. Цели инвестирования в развитие предприятия могут быть разнообразными. Выделим основные предпринимательские цели предприятия – оптимизация эксплуатационных затрат, рост производства конкурентоспособной продукции и производительности труда, повышение рентабельности собственного капитала и др.

Но в любом случае при оценке экстенсивных и интенсивных вариантов развития предприятия, уровня интенсификации производства и труда автор исследования исходил из основной целевой установки, определяемой собственниками имущества предприятия. Повышение ценности предприятия (экономический критерий), количественной оценкой которой служит рыночная стоимость (система экономических показателей), которая определяется показателями капитализации прибыли и средневзвешенной стоимостью капитала, привлечённого предприятием, на основе сопоставления эффекта и затрат.

В соответствии с данным критерием сформулировано и реализовано в исследовании научное положение, определяющее поведение собственника имущественного комплекса (производителя продукции) при интенсификации производства: собственник (производитель) интенсифицирует процесс производства, если обеспечивается рост стоимости предприятия (бизнеса) в соответствии с формулой [2]:

$$V = P/K, \quad (1)$$

$$P = Ц - С, \quad (2)$$

где V – стоимость предприятия;

P – прибыль до выплаты налогов, а также процентов по займам и дивидендов;

K – средневзвешенная стоимость капитала, привлечённого предприятием;

$Ц$ – стоимость реализуемой продукции;

$С$ – эксплуатационные затраты на производство и реализацию продукции.

Увеличение цены предприятия обеспечивается ростом его прибыльности или уменьшением стоимости привлекаемого капитала. Снижение рыночной стоимости предприятия вызывается снижением его прибыльности либо увеличением стоимости капитала, формирующего его имущество. При этом рост стоимости предприятия (бизнеса) должен обеспечить собственнику определенный уровень доходности на вложенный капитал на уровне не ниже средневзвешенной ставки доходности. Средневзвешенная ставка доходности становится нормативным значением, которое определяет эффективность технико-производственных и финансово-экономических решений в области интенсификации производства. Собственник, исходя из стратегических и тактических целей развития предприятия, формы финансирования (на собственной или заёмной основе), определяет количественную величину средневзвешенной ставки доходности в качестве нормативного значения. Нормативная ставка может быть определена на уровне:

– средневзвешенной ставки доходности складывающейся на рынке ссудного капитала;

– средневзвешенной ставки доходности определяемой из фактической отдачи активов, основного и оборотного капитала, собственного капитала предприятия;

– желаемого уровня доходности на реализуемые инвестиционные ресурсы.

Практическая часть разработанной методики по обоснованию граничных пределов интенсификации основана на использовании методов корреляционно-регрессионного анализа. Все расчёты выполнены на ЭВМ, которые позволили определить

многофакторные корреляционные модели, показывающие изменение эксплуатационных и капитальных вложений на производство меди от основных технологических показателей процесса электролитического рафинирования. В процессе расчётов на ЭВМ была проделана следующая работа: выбрана алгебраическая форма связи; рассчитаны уравнения регрессии, показатели тесноты связи; проверена значимость коэффициентов уравнений регрессии, адекватность экономико-математических моделей, наличие мультиколлинеарности факторных признаков. Факторные признаки для включения модель отобраны на основе экономико-статистического анализа и тщательного изучения парных коэффициентов корреляции и частных коэффициентов детерминации. На основе многофакторных моделей выведены уравнения чистой регрессии, свидетельствующие о влиянии одного фактора, например, плотности тока на результативный признак (рост стоимости предприятия), осуществлено прогнозирование экстремальных значений по выбранным показателям оптимизации.

$$V = f(D_k), \quad (3)$$

$$P = f(D_k), \quad (4)$$

$$\Pi = f(D_k), \quad (5)$$

$$C = f(D_k), \quad (6)$$

$$K = f(D_k), \quad (7)$$

где D_k – плотность тока, A/m^2 .

В качестве основных объектов исследования были выбраны электролизные цеха предприятий, имеющие наибольший диапазон изменений плотности, химического состава анодного сырья. Немаловажное значение на выбор основных объектов анализа оказало и существенное различие в показателях себестоимости продукции, производительности труда, трудоёмкости обслуживания оборудования, рентабельности продукции и производства объективно оценить которые необходимо, принимая во внимание организационно-технический уровень каждого предприятия, достигнутый уровень интенсификации производства, особенности сырьевой базы, режим труда и отдыха. На предприятии-А изменение основных показателей составило: плотности тока – 89,8–95,8 % (от 166 до 315–325 A/m^2), входа по току – 84,5–92,3 %, коэффициента экстенсивного использования электролизных ванн – 81,6–98,4 %, суммарного содержания примесей в анодах – 0,73–1,24 %. На предприятии-В изменение основных показателей составило: плотности тока – 60 % (с 225 до 360 A/m^2), входа по току – 85,4–94,1 %, коэффициента экстенсивного использования электролизных ванн – 82,4–95,8 %, суммарного содержания примесей в анодах – 0,74–1,03 %.

Исследования показали, что уравнения чистой регрессии, свидетельствующие о влиянии одного фактора на результативный признак (зависимость отдельных статей эксплуатационных и инвестиционных затрат) от плотности тока с достаточной точностью описывается или линейным уравнением, или уравнением гиперболы вида:

$$Z = B^0 + Bx, \quad (7)$$

$$Y = A^0 + A/x, \quad (8)$$

где Z и Y – результирующий признак (расход);

x – фактор (плотность тока);

A и B – коэффициенты регрессии;

A^0 и B^0 – постоянные значения затрат, не зависящие от плотности тока.

Данные уравнения после подстановки необходимых данных, полученных на основании выполненного корреляционного анализа, характеризуют количественную связь изменения в целом эксплуатационных и инвестиционных затрат при повышении уровня интенсификации технологического процесса. Это позволило обосновать экономичную плотность с использованием критерия и основных показателей формирующих рыночную стоимость предприятия. Показано, что экономичная плотность тока для каждого медеэлектролитного предприятия – сугубо индивидуальная величина, определяемая спецификой его технологии, размещения, объёма производства, особенностями сырьевой базы, уровня механизации и автоматизации производства и другими факторами, включая цены и тарифы на потребляемые материалы, электро-

энергию, внутривзаводские обороты. Следует отметить, что экономичная плотность тока представляет собой определённую область ($\pm 10\text{--}15 \text{ A/m}^2$) значений плотностей тока. Различия в затратах, например эксплуатационных, в диапазоне оптимальных плотностей тока составляет менее 1%. Это даёт возможность изменять токовые нагрузки на ванну без значительных экономических потерь для предпринимательской деятельности предприятия.

Расчёт экономичной плотности тока по выбранному критерию и показателям оптимизации послужил основой для обоснования дальнейших перспектив развития предприятий, производящих катодный металл. Выполненным исследованием установлено, что экономические преимущества интенсификации медеэлектролитных производств на базе внедрения интенсифицированных технологических режимов электролитического рафинирования меди по сравнению с экстенсивным направлением развития производства, отличительными чертами которого в современной экономике являются – постоянный рост стоимости капитального строительства, замораживание материальных и денежных средств в незавершенном строительстве, ещё полностью не исчерпаны. Пересечение криволинейных зависимостей на графике, характеризующих изменение уровня рентабельности и расчётного срока окупаемости капитальных вложений от плотности тока, с линией, отвечающей нормативному значению данных показателей (с позиции собственника), происходит в диапазоне более высоких плотностей тока по сравнению с токовыми нагрузками, применяемыми предприятиями. Допустимая область интенсификации находится в диапазоне плотностей тока $360\text{--}380 \text{ A/m}^2$. Экономические предпосылки и научно – технический задел существуют, научно обоснованы. Выполненные расчеты также подтвердили высокую сходимостъ полученных прогнозных данных развития предприятия рассчитанных по критерию – рыночная стоимость предприятия с данными, обосновывающими эффективность интенсификации с использованием другого критерия – прибыльности (доходности) предпринимательской деятельности. Отклонения незначительные, в пределах допустимой статистической погрешности.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. Игнатовский. Производительность труда – двигатель развития. Экономист. 2004. № 5. с. 3–13.
2. Инвестиции: Учебник/Под ред. В.В. Ковалёва – М.: ООО «ТК Велби», 2003.- 440 с.
3. Зотков О.М. Электроосаждение меди: технико-экономический аспект. Часть 1. Теория и практика электроосаждения меди: Монография. Издательство Красноярского университета, 1992.- 200 с.
4. Зотков О.М. Электроосаждение меди: технико-экономический аспект. Часть 2. Эффективность электроосаждения меди: Монография. Издательство Красноярского университета, 1992.- 244 с.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ХИМИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ В ГОРНОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОРТАТИВНЫХ И МОБИЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ МАРКИ NITON

В.В. Верхорубов

ООО «Си Си Эс Сервис», г. Москва, Россия

Обзор модельного ряда рентгено-флуоресцентных спектрометров марки NITON, выпускаемых фирмой Thermo Scientific Niton Analyzers (США), входящей в концерн Thermo Fisher Scientific.

Оригинальная технология GOLDD™ (Geometry Optimized Large area Drift Detector), использующая в т. ч. высокочувствительный SDD детектор нового поколения и обеспечивающая высокую точность анализа, низкие пределы обнаружения элементов на уровне «следовых» и высокую скорость измерения, а также в стандартном режиме определение «легких» элементов (Al, Si, Mg, P, S, Ca, K и Cl) в материалах без использования вакуумирования или продувки инертным газом.

Общее описание, технические и эксплуатационные характеристики, аналитические возможности приборов NITON в «рудной» модификации с прямым безэталонным определением до 45-ти элементов в диапазоне от Mg (12) до U (90) в оксидной, сульфидной, карбидной и пр. форме в рудном сырье, породах, шлаках, шламах, хвостах, отходах и т. д. по методу фундаментальных параметров.

Экспресс-анализ образцов непосредственно в виде кусков (кернов) без пробоподготовки или порошков с минимальной пробоподготовкой в полевых условиях и лаборатории.

Применимость портативных спектрометров для полевого использования при разведке и построении карт рудных месторождений, в т. ч. с привязкой результатов к GPS данным.

Использование спектрометров NITON при разработке урановых, бокситных, золотоносных месторождений и анализе редкоземельных металлов.

Эксклюзивный представитель и авторизованный сервис-центр по России и странам СНГ фирмы Niton – ООО «Си Си Эс Сервис» – поставка оборудования и обучение пользователей, гарантийное и послегарантийное обслуживание оборудования.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЧЕТАНИЯ СИСТЕМ МИКРОВОЛНОВОЙ ПРОБОПОДГОТОВКИ MILESTONE И АТОМНО-АБСОРБЦИОННЫХ И ИСП-СПЕКТРОМЕТРОВ AGILENT (EX-VARIAN) ДЛЯ ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА В ЛАБОРАТОРИЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

А.В. Башилов

ООО «Си Си Эс Сервис», г. Москва, Россия

Сочетание микроволновой подготовки и спектральных методов анализа (ААС, ИСП-ОЭС) – доминирующий подход к арбитражному элементному анализу в лабораториях предприятий цветной металлургии. Такой инструментальный анализ универсален, обладает высокой селективностью и точностью, возможностью анализировать как примеси, так и макроколичества более 70 элементов в автоматическом режиме. CCS Services – представительство и официальный сервис-центр широко известных и работающих на предприятиях цветной металлургии систем микроволновой пробоподготовки Milestone и атомно-абсорбционных и ИСП-спектрометров Agilent (ex-Varian).

Milestone производит два типа систем микроволнового разложения проб, работающих на разных принципах: это – камерные системы и реакторы с предварительным нагнетанием высокого давления. Камерные системы – двумагнетронная Ethos ONE и однамагнетронная Start D – традиционное и наиболее популярное в российских лабораториях решение, позволяют за 20–30 минут нацело разлагать любые пробы. Благодаря большому выбору автоклавов, возможно, разлагать одновременно до 42 проб, работать с самыми сложными образцами, например, чистыми редкими платиновыми металлами, карбидами и т.д. Программное обеспечение систем Milestone обеспечивает максимальное удобство при работе с новыми типами проб или, наоборот, для каждодневной рутинной работы.

Напольный UltraClave и настольный UltraWave – микроволновые реакторы высокого давления – обеспечивают ранее не достижимые возможности для микроволновых систем: разлагать одновременно до 100 г минеральной пробы в один цикл, до 70 разных проб одновременно за один 1-часовой цикл, работать под давлением до 200 атм.

Линейка атомно-абсорбционных спектрометров Agilent (ex-Varian) включает более 10 моделей с патентованной бестурельной конструкцией крепления ламп. Наиболее популярными для входного контроля и готовой продукции предприятий цветной металлургии являются модели с пламенной атомизацией и индексом FS, работающие в 2 раза быстрее лучших пламенных ААС. Для лабораторий, нуждающихся в анализе как макроконцентраций, так и примесей элементов, Agilent выпускает комплексы AA Duo – два спектрометра с двумя типами атомизации с единым компьютерным контролем.

На сентябрь 2011 года Agilent анонсировал выпуск новых экспрессных атомно-абсорбционных спектрометров, работающих без использования горючих газов, с характеристиками, превосходящими традиционную пламенную ААС. Технология особенно удобна для использования на горно-обогатительных предприятиях, в лабораториях рудников, удаленных от крупных городов.

ИСП-спектрометры Agilent (6 моделей) – наиболее универсальные приборы, обеспечивающие широкий диапазон определяемых концентраций элементов из одного пробовода, обладают полным покрытием оптического спектрального диапазона, без «мертвых зон». Серия 730/735 обеспечивает максимально возможную производительность на сегодня. Благодаря высокой информативности используемых детекторов, 700-я серия удобна для анализа проб со сложной матрицей, к которым можно отнести все анализируемые растворы лабораторий предприятий металлургии и горно-обогатительных предприятий.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОКАЛИВАНИЯ НЕФТЯНОГО КОКСА ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ

И. И. Лапаев¹, С. Е. Голоскин¹, Ю. И. Сторожев², А. Д. Арнаутков², Е. С. Махинов¹

¹ ООО «РУСАЛ ИТЦ», г. Красноярск, Россия

² ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

В современных экономических условиях вопросы повышения производительности вращающихся печей для многих отечественных заводов алюминиевой промышленности приобрели важнейшее значение. Большинство печей для прокаливания кокса на территории России были спроектированы и построены в 70-е годы прошлого столетия и не были рассчитаны на современные темпы производства. Строительство новых, более мощных и производительных печей для прокаливания кокса является длительным и крайне дорогим мероприятием. Дальнейший рост производительности возможен только за счет усовершенствования конструкции, внедрения новых технических решений и оптимизации работы вращающихся печей.

В нынешних реальных условиях работы промышленных прокалочных печей наиболее приемлемыми для увеличения их производительности является обеспечение перемешивания прокаливаемого кокса и увеличение длительности его пребывания в печи [1, 2].

Как правило, продвижение материала во вращающейся печи носит комбинированный характер: пересыпание и проскальзывание. Крупные куски кокса, оказавшиеся на донной части сегмента, захватываются футеровкой и далее пересыпаются по поверхности кокса. Внутреннее ядро состоит из более мелких частиц с повышенным содержанием летучих. Такая сегрегация частиц в поперечном сечении сегмента приводит к тому, что крупные куски образуют подобие вращающейся оболочки, внутри которой находится сравнительно малоподвижное ядро. При движении материала по печи крупные куски сырья, составляющие эту оболочку, нагреваются излучением от газа-теплоносителя и теплопроводностью при непосредственном контакте с футеровкой. Мелкие частицы сырья, составляющие плотное ядро слоя, нагреваются медленно и выходят из печи недопрокаленными. В результате, вследствие сегрегации материала по сечению слоя, кокс имеет различную степень прокаленности и обладает разными физико-химическими свойствами.

На практике улучшение качества прокаливания обеспечивают снижением загрузки кокса в печь или уменьшением частоты вращения барабана, что приводит к снижению производительности печи. Для повышения качества прокаливаемого кокса необходимо обеспечить дополнительное перемешивание коксовой массы по мере ее продвижения в печи. Это можно осуществить с помощью расположенных параллельными рядами вдоль печи столбчатых порогов, которые бы нарушали типичную структуру слоя кокса, создавая более однородный поток и обеспечивая равномерное и интенсивное перемешивание и прокаливание, а также задержку кокса в печи. Применение столбчатых порогов позволит не только уменьшить сегрегацию в слое и обеспечить равномерность прокаливания крупных и мелких кусков, но и существенно повысить производительность прокалочной печи.

Разработка оптимальной конструкции этих устройств в реальных условиях на действующем промышленном объекте представляется крайне сложной и дорогостоящей задачей. Недостаточность математической базы для описания данных процессов затрудняет применение методов математического моделирования. Исходя из этого разработка структуры порогов (форма, размеры, количество, расположение) осуществлена на лабораторной физической модели вращающейся печи, позволившей исследовать процессы продольной и поперечной сегрегации в перемещающемся слое.

На модели вращающейся печи в качестве исследуемого материала использован прокалённый нефтяной кокс крупностью 0,4–5 мм в виде двух основных фракций: от –0,4 до +2 мм и от –2 до +5 мм (далее «мелкий класс» и «крупный класс»). Соот-

ношение крупного и мелкого кокса, использованного в моделировании, соответствовало средней величине содержания мелких и крупных фракций промышленных коксов. Доля мелкого класса кокса в моделировании составила 73 %, а крупного, соответственно, 27 %.

С помощью физического моделирования исследовано несколько типов столбчатых порогов (рисунок 1). Представленные формы столбчатых порогов рассмотрены с позиции компромисса между интенсивным перемешиванием кокса, задержкой его в печи и минимальным пылением при перемешивании.

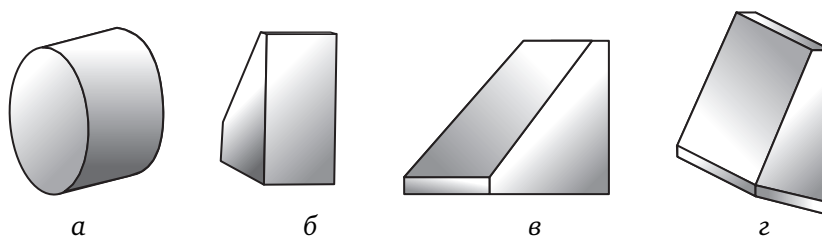


Рис. 1. Формы столбчатых порогов вращающейся печи:

а – круглые; *б* – треугольные; *в* – прямоугольные с откосом; *г* – трапециевидные

Была исследована двух – и четырехрядная установка порогов в печи.

Величина поперечной сегрегации кокса в печи при наличии двух и четырех продольных рядов столбчатых порогов заметно снижается. Однако, при четырехрядной установке порогов в печи отмечено увеличение пыления кокса из-за большего их числа.

Длительность пребывания кокса в модели печи при наличии двух продольных рядов столбчатых порогов увеличилась в сравнении с печью без порогов на 10,2 %, а в печи с четырьмя рядами порогов – на 20,6 %.

Анализ результатов физического моделирования показал, что достаточно эффективным решением по снижению поперечной сегрегации кокса и сохранения качества его прокаливания является использование двух рядов порогов треугольной формы, установленных диаметрально противоположно друг другу в барабане печи. При этом происходит интенсивное перемешивание коксовой массы с минимальным пылением. Преимущество четырёх рядов порогов во времени задержки кокса, по сравнению с двумя рядами, не оправдывает их гораздо большую стоимость изготовления, установки и ремонта.

Оптимальные параметры столбчатых порогов приведены в таблице.

Таблица 1

Оптимальная конфигурация продольных порогов

Вид столбчатого порога	Треугольный
Количество рядов продольных порогов	Два
Высота столбцов	250 мм (несколько ниже высоты слоя кокса в печи)
Расположение зоны с порогами в барабане печи	Непосредственно перед зоной прокаливания кокса (20–30 м от холодного конца 45-метровой печи)
Расположение рядов порогов внутри зоны	Ряды располагаются противоположно друг другу через 180°
Число порогов в ряду	В одном из рядов 5 столбцов, в другом – 4
Расположение столбчатых порогов в ряду	Столбики располагаются в шахматном порядке относительно второго ряда

Разработанная конструкция порогов предназначена для увеличения времени нахождения кокса в барабане печи и интенсификации его перемешивания перед прокалкой. Установка продольных столбчатых порогов треугольной формы во вращающейся печи обеспечит:

- снижение поперечной сегрегации кокса на 8,9 %;
- увеличение времени нахождения кокса в печи на 10,2 % (с 40 до 44 мин.);
- минимальные пыление и пылевынос кокса при работе порогов вследствие отсутствия «захвата» кокса из его слоя.

Продольные столбчатые пороги треугольной формы (рис. 2), изготовленные из огнеупорного армированного бетона DIDURIT 170A 0–6, были установлены в футеровке трех печей дирекции по производству анодной массы ОАО «РУСАЛ-Красноярск» (рис. 3). Внутри каждого порога для придания ему прочности имеется металлический анкер. Нижняя часть порога высотой 300 мм является частью общей футеровки печи.

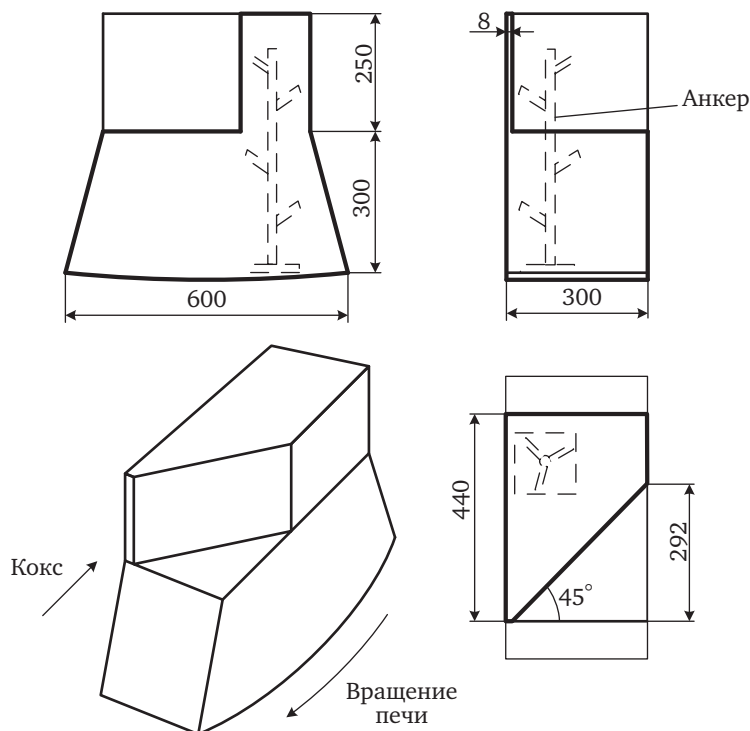


Рис. 2. Конструкция столбчатого продольного порога треугольной формы

Применение продольных столбчатых порогов перед зоной прокалки позволило увеличить производительность вращающийся печи на 8–10%, снизить удельный расход мазута на 10–12%, и увеличить выработку пара одним котлом-утилизатором на 3 т/ч. При этом, благодаря интенсивному перемешиванию кокса столбчатыми порогами, качество прокалки кокса, оцениваемое истинной плотностью отдельных его фракций не ухудшилось. Однако после четырех месяцев работы из-за теплосмен, вызванных остановками печей, других неблагоприятных условий работы пороги начали разрушаться (рис. 4) и эффективность их работы снизилась.



Рис. 3. Вращающаяся печь с установленными столбчатыми порогами (две панели по два ряда на каждой)



Рис. 4. Столбчатые пороги после четырех месяцев работы

Исходя из полученных результатов было принято решение при последующих установках порогов снизить их высоту до 140 мм от уровня футеровки. Проведенная на физической модели печи серия экспериментов показала, что при уменьшении высоты порогов наблюдается небольшое (в пределах 12–15% от максимального значения), но приемлемое снижение эффективности их работы.

Выводы

1. Исследован и испытан один из способов повышения производительности прокаточной печи – установка в ее футеровке продольных порогов;
2. Продольные пороги показали высокую эффективность, но недостаточную надежность работы;
3. Проводятся работы по увеличению срока службы продольных порогов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапаев И. И., Крак М. М., Голубев М. В., Арнаутов А. Д. О способах повышения производительности действующих печей прокаливания кокса. XIII Международная конференция-выставка «Алюминий Сибири–2008». – Красноярск, 2008, с. 131–133.
2. И. И. Лапаев, М. И. Крак, А. Д. Арнаутов. Внутреннее теплообменное устройство вращающихся печей. Патент РФ на изобретение № 2383836 от 10 марта 2010 г., Красноярск.

ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА В.С. БИРОНТА

*«Жизнь Человека славится трудами...
Воздвигнем миг, и сменим Миг на Час!
Ведь в жизни ценно то, что не уйдет с годами,
Лишь то, что остается после нас!»*

(В. С. Биронт)



Каждому человеку дано право распорядиться подаренным ему Мигом под названием Жизнь. Удивительно, сколько свершений в этот Миг вместил один человек Биронт Виталий Семенович! 23 мая 2011 года он ушел из жизни, но яркий свет его дел долго будет согревать теплом людей, знавших его и работавших рядом с ним.

Заведующий кафедрой «Металловедение и термическая обработка металлов» института цветных металлов и материаловедения СФУ, доктор технических наук, профессор, действительный член Международной академии наук высшей школы (МАИ ВШ), эксперт научно-технической сферы Министерства промышленности, науки и технологий Российской Федерации, Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, лауреат Профессорской Премии главы города Красноярска. За сухим перечислением званий скрывается увлечённая преданность любимому делу.

Научные интересы В.С. Биронта лежали в области металловедения и термической обработки металлов, применения ультразвука при термической обработке металлов, теории и технологии термоциклической обработки металлов, материаловедения, стружковых конструкционных материалов, металловедения благородных металлов и сплавов, а также работа по решению проблемы замены угольных анодов для электролиза алюминия на металлические.

Виталий Семенович начал свой трудовой путь с 1955 года (с 18 лет) на заводе «Сибтяжмаш», на котором он прошел путь от мастера термического отделения до начальника отдела Главного металлурга. Без отрыва от производства получил высшее образование, защитил кандидатскую диссертацию. В декабре 1968 г. начал работать на кафедре «Металловедение и технология металлов» КИЦМ старшим преподавателем, а с 1969 г. стал заведующим кафедрой МиТОМ. За период его работы выпущено более 2,5 тысяч высококвалифицированных инженеров, бакалавров и магистров. Он впервые для университета по техническим направлениям реализовал образова-

тельные программы подготовки бакалавров и магистров в сочетании с инженерной подготовкой. Выпускники кафедры востребованы на различных металлургических и машиностроительных предприятиях страны.

Под руководством В.С. Биронта защищено 10 кандидатских диссертаций аспирантами и соискателями. За годы работы на кафедре Виталий Семенович выпустил не одну монографию, учебные пособия, статьи более 300 наименований, в том числе более 30 изобретений. В 2009, 2010 годах учебник Биронта В.С. «Теория термической обработки металлов» получил дипломы в номинации «Лучшее учебное издание в области технологий» и в номинации «Лучшее учебное издание по техническим наукам».

В 2009 году Виталий Семенович занял первое место в конкурсе «Лучший преподаватель СФУ» в категории профессор. В 2010 году он вошел в состав наиболее успешных учёных СФУ, которые занимаются востребованной научной работой, имеют государственные контракты и договоры на сумму, превышающую 5 миллионов рублей.

В последние годы Виталий Семенович был ведущим редактором серии «Техника и технологии» журнала Сибирского федерального университета. Трудно представить, что всё перечисленное составляет не полный список дел, которым он самозабвенно предавался, например, в качестве председателя или члена многих Советов по науке, информации, учебно-методической деятельности.

Круг интересов Виталия Семеновича был очень широк: помимо учебной и научной деятельности, занимался применением компьютерных технологий во всех сферах своей деятельности, а ультразвуковой способ обработки металлов применил для обработки семян, получив в результате рекордный урожай помидор на дачном участке. Его светлые стихи о смысле жизни, об окружающем мире, о её величестве Женщине и о хрупкой детской душе не оставляли никого равнодушными. Очень любил молодежь и переживал за неё, в какой стране она будет жить. Вот отрывок из его стихотворения:

*«Гори, молодежь, чтоб страна заблистала
на поле крестьянском, в горячих цехах.
В науке гори, чтоб прекраснее стала
Родная земля, возродившись в веках!»*

Семейный подвиг Виталия Семеновича – 50 лет в любви и согласии со своей женой Ниной Григорьевной, надежным тылом в его многотрудной деятельности. Сын, невестка, две внучки – все породнились со специальностью металловеда, ещё подрастает правнучка. Виталий Семенович был прекрасный человек – добрый, отзывчивый, интеллигентный, заботливый. Мы, его коллеги, были всегда под его крылом, не боясь никаких проблем. Из любой, даже самой трудной ситуации, он находил выход. Очень жаль, что не будет больше возможности общения с ним, не услышим его мудрых слов, просто не будет рядом так нужного нам всем Человека. Светлая память о нем сохранится во многих сердцах.