



А. Е. Сенченко
управляющий директор,
Научно-исследовательский
и проектный институт «ТОМС»
senchenko@tomsgroup.ru

Подходы в работе на всех этапах создания горнорудного предприятия

Статья 3.

Комплексные научно-исследовательские работы и инновационные технологии для современных обогатительных и металлургических предприятий

Рассмотрены основные стадии и этапы научных исследований различных свойств упорного минерального сырья с целью разработки на их основе новых технологий для получения продукции высокого качества.

The main stages and steps of sciences researches of different properties stubborn mineral raw material are considered, with the target of design new technologies in order to receive high quality marketable products on its basis.

Ключевые слова: упорное минеральное сырье, физическая депрессия, химическая депрессия, обогатимость, металлургические и минералогические исследования.

Keywords: stubborn mineral raw material, physical depression, chemical depression, dressing, metallurgical and mineralogical research.

Одним из важнейших этапов при создании современного обогатительного или металлургического производства, являются научно-исследовательские работы и разработка на их основе рациональных технологий. На данном этапе закладывается своего рода «технологический фундамент» будущего предприятия. От того, насколько профессионально и основательно выполнены исследования и правильно выбрано технологическое решение, зависит дальнейшая эффективность работы фабрик и заводов.

При «комплексном инжиниринге» (ЕРСМ) значимость научно-исследовательских работ возрастает, так как инжиниринговая компания несет полную ответственность за все стадии реализации проекта (от

исследований до фабрики). Для выполнения исследовательских и технологических задач в структуру холдинга ТОМС входит научно-исследовательский институт специализирующийся на изучении различных типов руд.

Основные стадии и этапы исследований

При освоении месторождений можно выделить следующие основные стадии, для которых необходимы технологические исследования:

- геологоразведочные работы (технологическое картирование месторождения, ТЭО временных и постоянных кондиций);
- различные виды технико-экономических обоснований (ТЭО, PFS, FS);
- разработка принципиальных схем, технологий, технологических регламентов;
- проектирование фабрик;

- аудит технологических и проектных решений (апробация технологий с целью минимизации рисков);
- реконструкция, модернизация, техническое перевооружение, технологическое сопровождение действующих предприятий (*табл. 1*).

Труднообогатимые руды

На сегодняшний день отмечается увеличение доли труднообогатимого и упорного минерального сырья, вовлекаемого в промышленную переработку. К такому виду сырья можно отнести руды, для которых характерны следующие признаки:

- низкое содержание ценного компонента (крупные месторождения, техногенные месторождения и др.);
- физическая депрессия (тонкая вкрапленность минералов);
- химическая депрессия (сложный химический и фазовый состав, наличие вредных примесей);

Таблица 1

Наименование этапа	Кол-во проб, шт.	Масса проб, кг	Основные задачи	Применение результатов
Технологическое картирование месторождения	10-1000	5-50	Оценка варьруемости технологических свойств	Типизация руд по технологическим признакам
Лабораторные исследования	1-10	50-100	Предварительная оценка свойств различных типов руд, поисковые стадии	Принципиальная технология переработки руды, показатели, режимы
Укрупненные исследования	1-5	100-500	Проверка различных технологических схем, уточнение режимов, шихты	Технико-экономическое сравнение и выбор рациональной технологии
Полупромышленные испытания (ППИ)	1-2	1000-10000	Получение достоверных показателей в условиях близких к промышленным	Разработка технологии, технологических регламентов, исходные данные для проектирования

- повышенная упорность к традиционным процессам измельчения, обогащения и металлургии.

При изучении руд, от исследователей-технологов требуется не только выполнение набора стандартных тестов, но и поиск инновационных технологических решений, которые позволят вовлечь в экономически эффективную переработку труднообогатимое сырье.

Международные стандарты и методики, адаптация результатов исследований

Необходимо отметить, что Россия все больше интегрируется в мировое экономическое пространство. В связи с этим, возникает необходимость применения на стадии исследований и разработки технологий, различных аттестованных международных методик и инструментов,

понятных для иностранных консультантов, инжиниринговых и консалтинговых компаний, заводов-изготовителей (*рис. 1*). В большинстве случаев требуется выполнение новых НИР, адаптация и изменение старых проектов.

Основные виды технологических исследований выполняемых в институте ТОМС по российским и международным методикам:

- изучение вещественного состава;
- изучение физико-механических свойств руды;
- исследования на обогатимость;
- металлургические исследования;
- изучение вспомогательных процессов.

Современные аналитические и минералогические исследования

Для качественного изучения вещественного состава руд, в институте ТОМС предусмотрено выполнение комплекса современных аналитических и минералогических исследований:

- технологический комплекс пробоподготовки Rocklabs;
- пробирный анализ;
- количественный ICP анализ до 72 элементов (Varian 720-ES);
- атомно-абсорбционный анализ (Varian AA-240 FS);
- спектрофотометрия (Cary 50);
- анализ серы и углерода (Leco);
- традиционные виды анализов (фазовые, химические и т.д.);
- анализатор фрагментов микроструктуры твердых тел Минерал С-7 («имидж-анализ»);
- автоматизированная минералогическая система (анализатор) QEMSCAN.

Автоматизированный минералогический анализатор QEMSCAN (FEI) предназначен для быстрого анализа минералов с идентификацией и представления результатов в виде отчета. Система объединяет в себе свойства таких аналитических приборов, как электронный сканирующий микроскоп (SEM), электронный микроанализатор (EMPA). Скорость обеспечивается одновременной работой нескольких спектрометров EDX. Имеется большое количество программных опций, специализированных для различных областей минералогии. Система также включает в себя комплекс приборов и оборудования для качественной подготовки образцов. Данный минералогический комплекс позволяет с высокой достоверностью количественно и качественно изучить свойства сырья, определить причины потерь ценных компонентов и обозначить наиболее целесообразные направления дальнейших технологических исследований. Результаты исследований по методикам QEMSCAN признаются

во всем мире и являются своего рода эталоном в области технологической минералогии.

Изучение физико-механических свойств руд

Основные капитальные и эксплуатационные затраты на обогатительных фабриках связаны с процессами дробления и измельчения. Ошибки при расчете и выборе оборудования являются причиной низкой производительности фабрики, снижения объемов товарной продукции и нерационального использования энергии. В связи с этим, перед проектированием обогатительных фабрик необходимо выполнять полный комплекс исследований прочностных свойств предполагаемой для переработки руды и, на основании полученных результатов, определять схему, размеры и количество дробильно-измельчительного оборудования. Главными характеристиками, на основании которых рассчитываются параметры (размеры, мощность) промышленных дробилок и мельниц являются пределы прочности руды при одноосном сжатии и растяжении, а также ее индексы дробимости, абразивности, стержневого и шарового измельчения, определяемые по методикам F. Bond (США) и само/полусамоизмельчения, определяемые по методике J. Starkey (SAGDesign Test, Канада).

Выполнение тестов по международным методикам позволяет на стадии разработки регламента, ТЭО или проекта сравнить различные технологии рудоподготовки, включающие дробление в конусных, щековых дробилках, тонкое дробление в роллер-прессах (HPGR), само/полусамоизмельчение (AG/SAG), стержневое и шаровое измельчение. Из представленных вариантов определяют оптимальную технологию рудоподготовки.

Ультратонкое измельчение

Одним из перспективных способов, позволяющих организовать рентабельную переработку упорных руд и концентратов, является ультратонкое измельчение продуктов до крупности менее 1-20 мкм. При измельчении до таких размеров значительная доля материала переходит в область микро- и наночастиц. Переход минерального сырья на новый уровень расширяет области эффективного применения процессов обогащения и гидрометаллургии. Это позволяет вовлечь в эксплуатацию труднообогатимые руды, переработка которых ранее считалась малоперспективной и экономически нецелесообразной. Комбинированные гидрометаллургические технологии с применением ультратонкого измельчения в определенных случаях



Причины:

- иностранные инвестиции на российском рынке минерального сырья
- зарубежные консалтинговые, инженеринговые компании
- мировые заводы-изготовители оборудования



Следствия:

- Несоответствие российских методик тестирования западным стандартам
- Невозможность использования результатов для моделирования, ТЭР
- Отсутствие гарантий заводов-изготовителей
- Затраты на новые НИР



Решения:

- Обучение, аттестация западными экспертами
- Тестирование по международным стандартам и методикам
- Аудит и адаптация результатов исследований
- Опыт международного сотрудничества

являются более рентабельной альтернативой традиционным окислительным процессам (обжиг, автоклавное и бактериальное окисление).

Исследования на обогатимость

Выполнение комплекса исследований на обогатимость позволяет разработать оптимальную схему обогащения руд:

- отсадка, концентрация на столе, винтовая сепарация, тяжелосреднее обогащение;
- центробежное гравитационное обогащение (E-GRG Test, KC-CVD Test);
- тест, моделирующий извлечение золота в цикле измельчения (GCT);
- магнитное, электромагнитное обогащение;
- флотация в механических, пневмомеханических машинах;
- флотация в пневматических машинах Pneufлот, KHD Humboldt;
- пилотная установка центробежной флотации Imhofлот (до 20 т/ч).

Металлургические исследования

Современные методики металлургических исследований реализуемые в ТОМС позволяют разработать технологию, предусматривающую получение товарной продукции высокого качества (Au, Cu, Zn, Pb, Sn и др.):

- выщелачивание в стандартных условиях;
- интенсивное цианирование Asacia;
- кучное выщелачивание в колоннах 1,5-6 м;
- сорбционное выщелачивание, SIP, CIL, Pump Cell;
- экстракция, электролиз (EXW);
- автоклавное окисление (POX);
- атмосферное окисление упорных концентратов по технологии LEACHOX;
- пирометаллургические тесты;
- тесты по обезвреживанию металлургических продуктов и хвостов обогащения (деструкция цианида, обезвреживание от мышьяка, ртути и др.).

Рис. 1.
Адаптация результатов ранее выполненных исследований, международные стандарты