

лью повышение эффективности использования интеллектуального потенциала выпускников ФТФ ТПУ, а также расширение связей с факультетом.

Несмотря на ограничение в приёме на работу, завод продолжает принимать студентов факультета на практику и дипломирование. По инициативе Ассоциации было принято решение об организации на заводе аттестационной комиссии, чтобы дипломники могли защищаться на заводе.

Будущее завода сегодня невозможно без подготовки технических специалистов в области ядерного топливного цикла, которых готовит ФТФ ТПУ. Чтобы эта подготовка была максимально эффективна, наверное, нужно было бы вместе участвовать в этом процессе. Например, завод мог бы корректировать профиль обучения своих будущих инженеров, а университет мог бы организовать курсы повышения квалификации для инженеров завода по современному состоянию технологии, последним достижениям прикладных наук, информатике.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА УРАНА И ЗОЛОТА

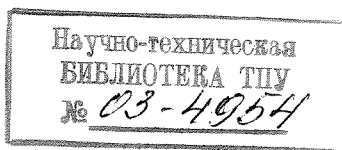
А.А. Пашков

Навоийский горно-металлургический комбинат

Навоийский горно-металлургический комбинат создан в 1958 г. на базе крупнейших залежей урана. Позднее рядом были открыты грандиозные запасы золота. Сегодня комбинат входит в первую десятку крупнейших мировых компаний по производству урана и золота. В структуре комбината имеются 5 рудоуправлений, два из которых занимаются добычей золота, а остальные – урана; комплекс по добыче и первичной переработке фосфоритовой руды; 3 гидрометаллургических завода; ювелирный, сернокислотный, машиностроительный заводы; завод поливинилхлоридных труб; завод полированной мраморной плитки; прядельно-трикотажная фабрика и многие вспомогательные предприятия.

Пуск комбината, его развитие хронологически совпадают с открытием физико-технического факультета Томского политехнического университета. За прошедшие десятилетия несколько сот студентов проходили в комбинате практику, многие из них связали свою дальнейшую судьбу с ним. Сегодня на любом производстве, на каждом заводе комбината вы встретите выпускников физико-технического факультета, одним из организаторов которого был кандидат технических наук с 1935 г. доцент Курин Николай Павлович. Сегодня заслуженного химика, лауреата Государственной премии, профессора, доктора технических наук хорошо знают в Навоийском горно-металлургическом комбинате. Его с благодарностью вспоминают бывшие ученики, выпускники факультета.

На новом историческом этапе развития комбинат уверенно встал на рельсы рыночных условий. Его научно-технический потенциал, квалификация кадров позволили ведению хозяйства быстро и своевременно приспособиться к новым условиям. Ниже приведено несколько примеров разработки и внедрения специалистами комбината новейших технологических приемов извлечения урана и золота.



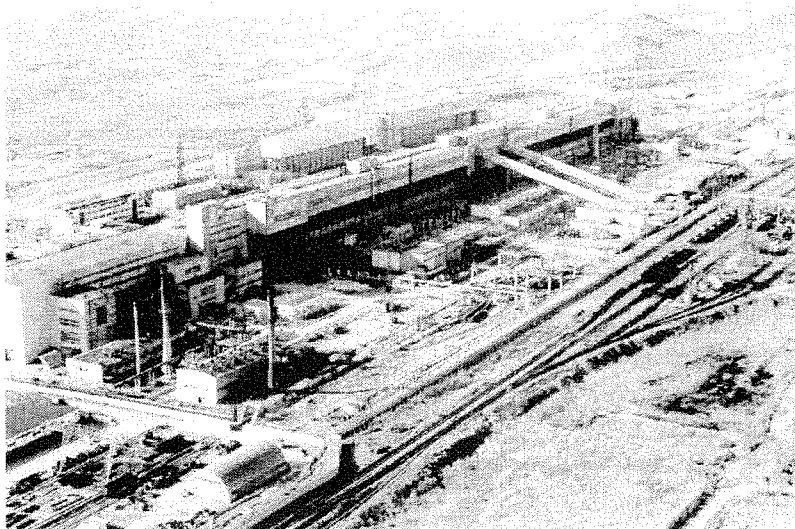


Рис. 1. Гидрометаллургический завод № 2 – флагман комбината

На международном рынке сбыта закиси-оксида урана сложилась достаточно сильная конкуренция поставщиков. Предприятия-производители урана реализуют его только по квотам МАГАТЭ. Квота Навоийского горно-металлургического комбината была занижена вследствие обвинения комбината в демпинговых ценах. И только после того, как были предоставлены данные по широкому применению уникальных технологий с низкой себестоимостью добычи, справедливость восторжествовала, и эти обвинения были сняты. В 1994 г. вся добыча урана была полностью переведена на метод подземного выщелачивания с использованием малореагентного и безреагентного способов. Сущность таких способов заключается практически в полном отказе от химических реагентов и подаче в пласт воды, обогащенной кислородом воздуха [1]. В результате в пласте руды создается окислительно-восстановительный потенциал, при котором уран из нерастворимой формы переходит в растворимую. Безреагентное выщелачивание позволяет создать экологически чистое производство. Себестоимость закиси-оксида урана в этом случае настолько низкая, что она не подвергается сомнениям. Это, в свою очередь, позволило значительно повысить квоту на реализацию урана для внешних рынков и вывести комбинат в мировые лидеры по продаже урана.

Узбекистан занимает восьмое место в мире по выпуску золота и четвертое – по запасам его в недрах. Среди открытых месторождений золота существует достаточно пестрая картина по доступности золота к его промышленному освоению. Вот почему среди классических методов переработки золотосодержащих руд можно встретить и нетрадиционные способы. К ним следует отнести получение золота методом кучного выщелачивания на совместном узбекско-американском предприятии «Зарафшан – Ньюмонт», одним из учредителей которого является комбинат.

Исходным сырьем для СП «Зарафшан – Ньюмонт» является забалансовая руда карьера «Мурунтау», содержание золота в которой составляет $1,0 \pm 1,4$ г/т, что не позволяло извлекать его рентабельно по традиционной заводской технологии. Технология кучного выщелачивания включает: подготовку подушки, четырехстадийное дробление исходной руды, формирование кучи высотой до 80 м, капельное ороше-

ние руды цианистым натрием, осаждение золота на цинковую пыль и доведение осадков до сплава Доре.

Производительность СП «Зарафшан – Ньюмонт» составляет 13 млн т/год по руде с ежегодным выпуском золота в количестве 12,0 – 12,5 т. Затраты на выпуск одного грамма золота дают основания надеяться на рентабельную переработку руды с содержанием золота даже ниже установленного регламентом.

В традиционной заводской технологии 65 % затрат приходится на рудоподготовку, где, в свою очередь, основной затратной статьёй является энергопотребление. Нами проведен анализ распределения энергозатрат на измельчение материала в мельнице ММС 70×23 [2].

Удельные энергозатраты представлены в виде

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4, \quad (1)$$

где W – удельные внутримельничные затраты; W_1, W_2, W_3 – доля удельных энергозатрат на разрушение соответственно кусков сверхкритической и оптимальной крупности и переизмельчения материала; W_4 – доля удельных энергозатрат на перемещение балластной части загрузки (шарового скрапа).

Расчеты и экспериментальные данные показывают, что удельные энергозатраты на измельчение материала в мельнице ММС 70×23 распределяются следующим образом (в долях единицы)

$$W_1 = 0,25 \div 0,36 ; W_2 = 0,21 \div 0,27 ; \\ W_3 = 0,22 \div 0,23 ; W_4 = 0,13.$$

Таким образом, лишь около 25 % энергии расходуется на разрушение кусков оптимальной крупности. Мельницу ММС с учетом классического представления о затратах энергии на дезинтеграцию рудного материала, вероятней всего, можно считать дробилкой. При неизменной мощности привода производительность мельницы ММС находится в прямой зависимости от удельных энергозатрат. Так, если снизить удельные энергозатраты на 40 ÷ 50 %, уменьшив в питании количество кусков избыточной крупности и исключив переизмельчение руды, то производительность мельницы теоретически возрастет в 1,4 ÷ 1,5 раза.

В рудоподготовке на процессы механического дробления и измельчения руды приходится около 98 % всех энергетических затрат, а на взрывное дробление – лишь 2 %. При оптимизации буровзрывных работ (БВР) основным управляемым параметром является средний размер куска разрыхленного рудного массива. С увеличением среднего куска при прочих равных условиях энергозатраты на БВР уменьшаются, а на выемочно-погрузочные работы и измельчение возрастают. Наиболее приемлемым критерием оптимизации процессов рудоподготовки могут служить суммарные энергозатраты $W_{\text{сум}}$:

$$W_{\text{сум}} = W_{\text{б}} + W_{\text{в}} + W_{\text{в-п.р}} + W_{\text{изм}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $W_{\text{б}}, W_{\text{в}}, W_{\text{в-п.р}}, W_{\text{изм}}$ – соответственно энергозатраты на бурение, взрывание, выемочно-погрузочные работы и измельчение при данном среднем размере куска горной массы [3].

На рис. 2 представлены оптимальные с позиции энергозатрат значения среднего размера куска взорванной горной массы. Анализ полученных результатов показывает: рациональный средний размер куска разрыхленного массива составляет 0,05 ÷ 0,08 м, а удельный расход ВВ – 0,7 ÷ 0,9 кг/м³. С учетом результатов выполненных исследований взрывные работы начали проводить с повышенным на 30 ÷ 50 % удельным расходом ВВ. Однако однозначного вывода о степени влияния взрывного воздействия на эффективность механического измельчения руды не было сделано. Было ясно, что без одновременного снижения энергозатрат на переизмельчение

внутри мельницы W_3 (1) затраты на дополнительную взрывчатку при БВР будут напрасными. С этой целью было принято решение о максимально возможном сокращении пребывания рудного материала внутри мельницы. Было увеличено живое сечение решетки и изменена форма подрешетного лифтера мельницы.

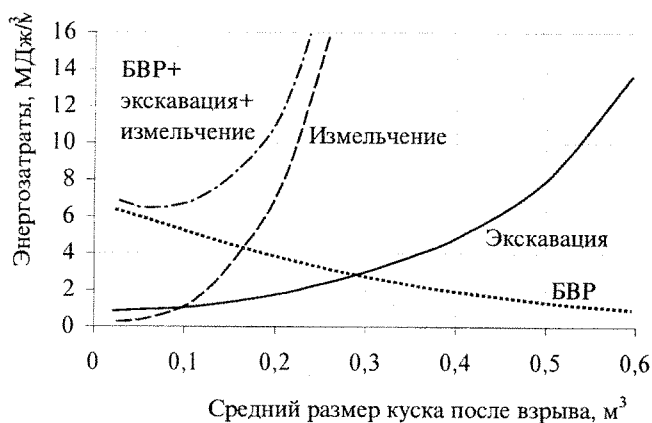


Рис. 2. Зависимость величины энергозатрат от среднего размера куска взорванной горной массы

Около пяти лет ушло на поиск энергосберегающей технологии рудоподготовки. В итоге производительность мельничных блоков выросла на 7,5 т/ч, а это в наших условиях равнозначно строительству одного нового блока. Снизился удельный расход электроэнергии на измельчение на 10 %, удельный расход шаров на 8 %, удельный расход футеровки. На карьере снизились энергозатраты на экскавацию, сократился расход зубьев.

На всех этапах развития особое внимание обращалось на качество готовой продукции. Об этом свидетельствуют многочисленные дипломы и призы международных организаций. Двенадцатикилограммовый слиток золота взвешивается с ошибкой не более 10 мг. Содержание золота в изделиях определяется с точностью в шесть значащих цифр, а любую примесь определим, если ее содержание составляет 1 грамм в тонне золота [4]. Пройдена тестовая проверка Лондонской ассоциации золотых слитков и Токийской биржи промышленных товаров. Комбинату присвоен международный статус «Оптимальной поставки». Это означает, что слитки с клеймом комбината не должны подвергаться перепроверкам при свершении купли-продажи.

Литература

1. Толстов Е.А. // Горный журнал. — М.: Руда и металлы, 1988. №8. С. 14-17.
2. Пашков А.А., Фехтман В.Б., Сытенков Д.В. // Цветные металлы. — М.: Руда и металлы, 1999. №7. С.37-39.
3. Пашков А.А., Рубцов С.К., Сытенков Д.В. // Горный журнал. — М.: Руда и металлы, 1998. №8. С.52-54.
4. Михин О.А., Степура В.Н., Пашков А.А. // Металлы Евразии. — М.: Национальное обозрение, 2000. №4. С. 64-66.