

АЛЕНА НАДЬ (ALONA NAD)

(AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, Polska (Poland)
(Poland, AGH University of Science and Technology, Krakow)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РУД МЕДИ НА ПОЛЬСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ KGHM POLSKA MIEDŹ S.A.

Введение. KGHM Польская Медь Акционерное Общество является одним из основных мировых производителей меди и серебра. По данным [1] это предприятие находится на девятом месте по производству электролитической меди и третьим производителем рафинированного серебра в мире. Основными потребителями польского серебра является Великобритания, Германия и Бельгия.

Фирма состоит из трех шахт, сырье которых перерабатывается на трех обогатительных фабриках (рис. 1) и двух металлургических заводах, где идет обработка концентрата, полученного в результате обогащения.

Данное месторождение относится к категории стратиморфных отложений, представленных в виде медистых песчаников и сланцев. В связи с глубоким залеганием медесодержащих пород, основная их часть состоит из сернистых соединений и практически отсутствуют оксиды и гидрокарбонаты меди. Добываемая руда – полиметаллическая. В породах, составляющих месторождение, найдено более 110 минералов, содержащих медь, однако наибольшее промышленное значение имеют халькозин, борнит и халькопирит.

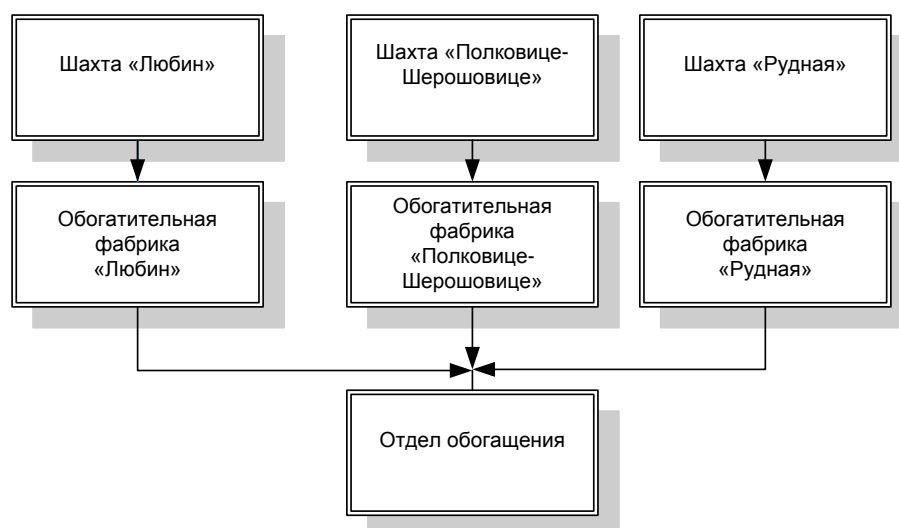


Рис. 1. Организационная структура шахт и обогатительных предприятий компании KGHM Polska Miedź S.A (собственная обработка на основе [1])

Среди многих сопутствующих элементов некоторые занимают особое место, т.к. их присутствие в добытой руде увеличивает финансовые показатели компании (например, серебро, никель, золото). Особенно важное хозяйственное

Підготовчі процеси збагачення

значение для компании имеет сравнительно высокое содержание серебра в руде (47г на тонну руды). Промышленные запасы медной руды и содержание в ней металлов (Cu, Ag) в районах, предназначенных на дальнейшую разработку, представлены в табл. 1 Промышленные запасы медной руды и содержание в ней металлов (Cu, Ag) в районах, предназначенных на дальнейшую разработку компанией KGHM Polska Miedz S.A. (по состоянию на 31.12.2007 г.) [1].

Таблица 1

Название промышленного района	Запасы руды, млн т	Cu, %	Ag, г/т	Количество Cu, млн. т	Количество Ag, т
"Любин" ("Lubin")	276	1,26	58	3,48	16 136
"Полковице–Шерошовице" ("Polkowice-Sieroszowice")	336	2,71	55	9,11	18 491
"Рудная" ("Rudna")	382	1,82	44	6,94	16 716
"Глоггов Глубокий Промышленный" ¹ , (OG "Głogów Głęboki-Przemysłowy")	267	2,40	78	6,42	20 819
KGHM Polska Miedz S.A.	1 262	2,06	57	25,95	72 162

Руда меди состоит из трех основных литологических залежей: песчаники, сланцы и карбонатные породы. Каждая из них имеет различное содержание медных соединений и различную грануляцию минералов. В песчаниках размер медных соединений составляет 50-200 мкм; подобную грануляцию медных минералов имеют карбонатные породы – от 30 мкм до 200 мкм. Наиболее мелкая фракция сосредоточена в сланцах – 5-40 мкм [5]. В связи со столь малой крупностью медных включений необходимым является проведение комплекса мероприятий по обогащению руды, главная задача которых состоит в извлечении медных минералов в концентрат. Первыми и наиболее энергоемкими операциями являются дробление и измельчение руды, с целью доведения исходного сырья до необходимой крупности для последующего обогащения методом флотации.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Снижение содержания полезных компонентов в рудном сырье, необходимость увеличения масштабов производства требуют совершенствования отдельных операций и циклов обогащения, что в первую очередь относится к рудоподготовке (дроблению и измельчению) – одному из самых дорогих технологических циклов переработки руд [4].

Выбор соответствующей технологии для обеспечения эффективности процесса обогащения определяется, прежде всего, литолого-петрографическими характеристиками и физическими свойствами сырья, поставляемого на обогатительную фабрику [2].

Медные руды, добываемые в шахтах KGHM Польская Медь S.A, имеют

¹ Данный промышленный район находится в стадии подготовки к эксплуатации.

Підготовчі процеси збагачення

разный качественный и количественный состав пород, содержащих минералы меди. Процентное содержание литологических типов по каждому промышленному району [1] приведено в табл. 2.

Таблица 2

Промышленный регион	Песчаники, %	Карбонаты, %	Сланцы, %
"Любин"	69,7	17,8	12,5
"Рудная"	84,3	10,8	4,9
"Полковице–Шерошовице"	26,8	59,7	13,5

Руда делится на два типа, в зависимости от доминирующих пород: песчано-карбонатная руда идет на обогатительные фабрики Любин и Рудная; карбонатно-песчаная руда поступает на обогащение в Полковицах. В связи с вещественным составом руд (табл. 2) каждая фабрика имеет свою технологическую цепочку обогащения, которая позволяет получать концентрат, удовлетворяющий требованиям металлургических комбинатов.

Постановка задачи. Целью данной работы является сравнение технологических схем измельчения руд меди на польском предприятии KGHM POLSKA MIEDŹ S.A.

Изложение материала и результаты. На обогатительных фабриках существует пять технологических схем, которые работают на разных комбинациях литологических типов руд. По две схемы имеют ОФ Любин и Рудная и одна технологическая схема на Полковицах. Средний литологический состав исходного сырья на обогатительных фабриках приведен в табл. 3 [2].

Таблица 3

Промышленный регион		Песчаники, %	Карбонаты, %	Сланцы, %
"Любин"	I технологическая схема	39,30	52,90	7,80
	II технологическая схема	72,00	22,00	6,00
"Рудная"	Сторона А	70,90	21,50	7,60
	Сторона Б	42,90	44,70	12,40
"Полковице–Шерошовице"		13,50	72,60	13,90

На ОФ Любин и Рудная применяются технологии обогащения руд меди, которые предусматривают разницу в вещественном составе руды, т.е. разное содержание литологических типов. Эти обогатительные фабрики имеют отдельные технологические цепочки, одна из которых приспособлена к увеличенному содержанию песчаной фракции, а вторая – к большему содержанию карбонатов.

Обогащение песчано-карбонатной фракции. Разделение песчано-карбонатной руды на отдельные литологические фракции является возможным благодаря селективному дроблению и грохочению уже на первой стадии обогащения, а также благодаря размыванию (в процессе измельчения в водной среде) и классификации в первой стадии измельчения. Подготовленное таким

образом сырье идет далее на селективное обогащение через дополнительное измельчение, флотацию и доводку концентрата [3].

Грохочение исходного сырья, которое поступает на ОФ, позволяет провести вступительное разделение руды на литологические типы. Песчаник характеризуется низкими физико-механическими свойствами и легко разрушается во время добычи и транспортировки руды. В связи с этим большая его часть переходит в подрешетный продукт грохочения. Более твердые карбонаты остаются в надрешетном продукте (рис. 2).

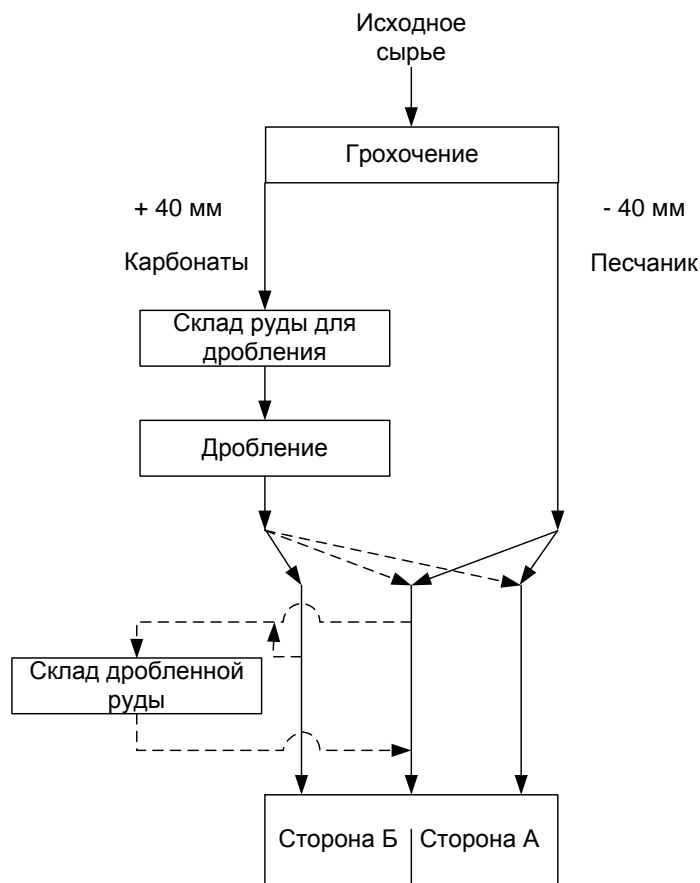


Рис. 2. Упрощенная схема грохочения и дробления на ОФ Рудная

Последующее разделение на фракции наступает в схеме строжневая мельница – спиральный классификатор. Большая часть мелкой песчаной фракции переходит в слив, в то время как более твердая карбонатная часть остается в песках классификатора, что является питанием мельниц второй стадии измельчения.

Процесс измельчения в шаровых мельницах влияет на извлечение мелких включений полезных минералов из породы, что характеризует эффективность процесса обогащения. Однако это также влияет на переизмельчение крупных включений сульфидов и появление большого количества мелких, труднофлотируемых зерен. С целью ограничения данного явления используется флотация в цикле измельчения, которая влияет на увеличение эффективности процесса обогащения путем элиминации богатых сульфидных зерен из последующих

Підготовчі процеси збагачення

процессов измельчения (рис. 3).

Отдельная цепь обогащения песчаных и карбонатных руд позволяет использовать различные флотационные схемы, подобранные к минеральному составу сырья. В ходе работы цепи аппаратов измельчение–классификация, появляется много труднообогатимых сростков, которые выделяются из процесса при помощи флотации как полупродукты и направляются на дальнейшее измельчение, с целью раскрытия сульфидных включений [2, 3, 6].

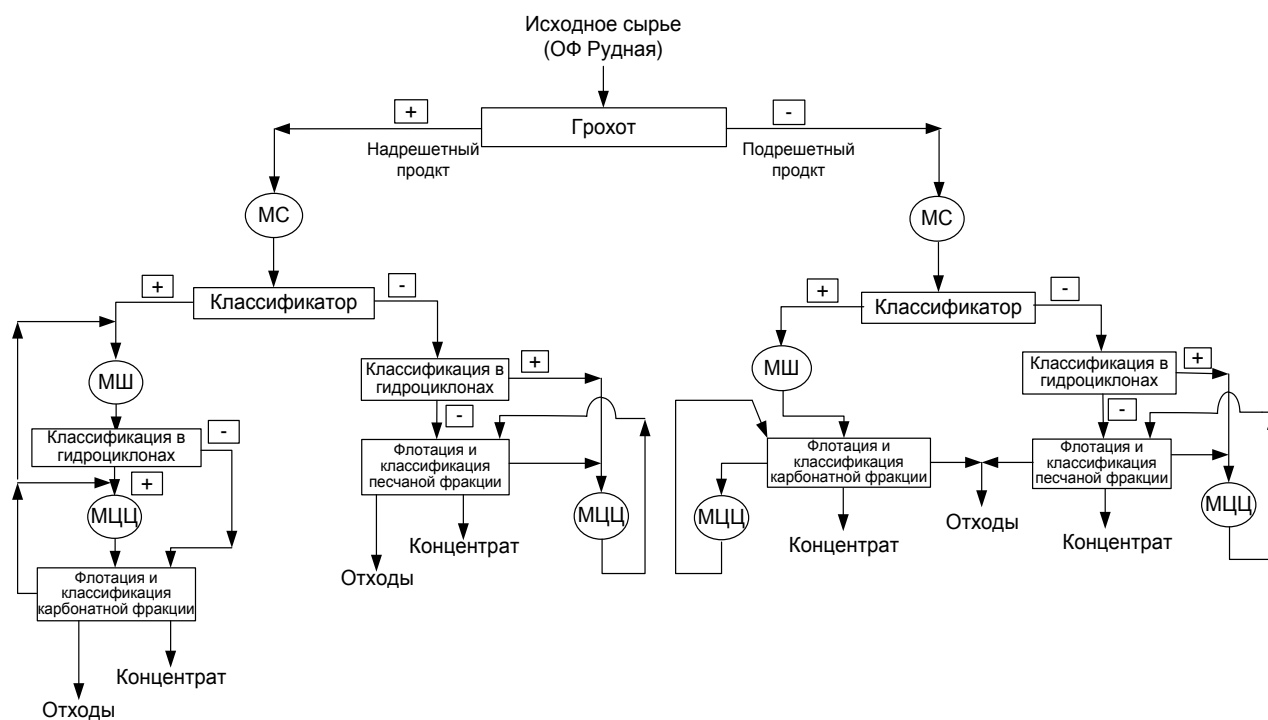


Рис. 3. Технологическая схема обогащения карбонатной и песчаной руд меди

(собственная обработка на основании данных [2]):

МС – мельница стержневая; МШ – мельница шаровая;

МЦЦ – мельница с цилиндрами – цельпесами

По минеральному составу полупродукты карбонатных пород отличаются от полупродуктов песчаников и процесс доизмельчения для каждого из них носит различный характер. Так, для полупродуктов обогащения песчаной руды предусмотрена очистка поверхности медьсодержащих минералов от связующих веществ и окисленных форм. В то время, как полупродукты карбонатных пород требуют большего времени на процесс доизмельчения, как более твердые породы.

Обогащение смешанной литологической фракции. Как видно из табл. 3 в промышленном регионе Полковице преобладают карбонатные породы. Малое содержание песчаника исключает необходимость вести две отдельные технологические цепи.

В первой стадии измельчения используются шаровые мельницы с диаметром шаров $\varnothing 120$ мм, которые разрушают твердые карбонаты в основном благодаря удару. Характерной чертой данной технологии является наличие двух ста-

дий измельчения с узлом классификации. Сливы классификаторов идут на гидроциклоны $\varnothing 500$ мм, сливы которых являются питанием флотации. Пески классификаторов и гидроциклонов направляются на измельчение в мельницах второй стадии.

Сравнительно низкое разделение в спиральных классификаторах и гидроциклонах влияет на увеличение количества сырья, которое возвращается на доизмельчение. Большое количество раскрытых минералов, готовых для процесса обогащения флотацией, идет на переизмельчение, в то время как нераскрытые зерна выводятся из процесса и негативно влияют на показатели обогащения. В связи с этим после первой флотации выполняется классификация ее отходов в гидроциклонах $\varnothing 350$ мм. Пески после классификации проходят процесс доизмельчения в мельницах с цилиндрическими мелющими телами и возвращаются на первую флотацию. Сливы гидроциклонов подаются в качестве питания для основной флотации, отходы которой являются конечными.

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, главным фактором, определяющим выбор технологии обогащения сырья, является его минералогический и литологический состав. Польские руды меди можно условно разделить на: песчано-карбонатную руду, которая поступает на обогатительные фабрики Любин и Рудная; карбонатно-песчаную, которая идет на обогащение в Полковицах. В практике наблюдается изменение параметров исходного сырья, поступающего на процесс измельчения, в широком диапазоне. Следует ожидать, что результаты измельчения в отдельных технологических цепях будут значительно отличаться друг от друга.

Применение отдельных технологических цепей для обогащения разделенных литологических фракций ведет к повышению эффективности обогащения.

Список литературы

1. <http://www.kghm.pl>
2. T. Tumidajski i inni: Badania energochłonności procesu mielenia oraz podatności na rozdrabnianie składników litologicznych polskich rudy miedzi // Gospodarka Surowcami Mineralnymi. – 2010. – t.26, z.1. – С. 61-72.
3. Monografia KGHM Polska Miedz S.A. – Lubin, 1996. – С. 637-787.
4. Яшин В.П., Бортников А.В. Теория и практика самоизмельчения. – М.: Недра, 1978. – 440 с.
5. A. Krawczykowska. Rozpoznawanie obrazów w identyfikacji rud i ich własności w produktach przeróbki rud miedzi // Praca doktorska. AGH, Krakow. – 2007.
6. Seminarium naukowe "Współczesne problemy przeróbki rud miedzi w Polsce". – Połkowice, 2000.

© Алена Надь, 2012

*Надійшла до редколегії 10.04.2012 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.І. Назимко*