

622.7

T-38

МИНИСТЕРСТВО ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИИ
И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ
ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНЫХ РУД
ЗА РУБЕЖОМ**

МОСКВА 1971

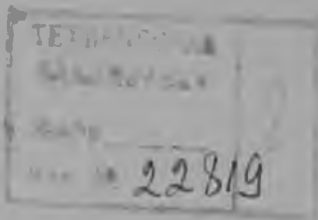
2005.

МИНИСТЕРСТВО ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР

622.7
Т38

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИИ
И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ
ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНЫХ РУД
ЗА РУБЕЖОМ



УДК 622.7:553.43 (4/9:104)

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНЫХ РУД
ЗА РУБЕЖОМ

И.С.Томова, В.В.Зверев, Л.М.Данильченко,
Ю.А.Иванова

А н н о т а ц и я

В обзоре рассмотрены основные направления в развитии технологии обогащения сульфидных медных, медно-молибденовых, сульфидно-окисленных медных руд, медно-цинковых, медно-магнетитовых и медно-пиритных руд.

Рассмотрены следующие вопросы: ввод в действие новых фабрик, реконструкция действующих фабрик, качество перерабатываемых руд, технологические схемы и режимы обогащения, технологические показатели работы фабрик.

ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНЫХ РУД

Ввод в действие новых обогатительных фабрик

Основными медьдобывающими странами, обеспечивающими более 80% всей добычи меди в капиталистическом мире, являются США, Канада, Чили, Замбия и Республика Заир. Переработка медных руд в этих странах с каждым годом увеличивается: в США в 1960 г. было добыто 122,5 млн.т руды [1], в 1968 г. - 173,9 млн.т [2]; в Замбии в 1960 г. - 21,2 млн. т [3], в 1969 г. - 31,8 млн.т [4], в Канаде в 1960 г. - 31,6 млн.т^{х)} 3, в 1967 г. - 55,02 млн.т руды^{х)} [5].

За последние годы (с 1965 по 1970) в ряде стран наблюдается интенсивное строительство новых обогатительных фабрик (табл. I) и расширение действующих. По ориентировочным подсчетам, в США число фабрик увеличилось с 31 до 39, а количество переработанной на них руды - со 155 до 203 млн.т в год; в Канаде - с 29 до 50 и с 16,8 до 35,9 млн.т; в Чили - с 5 до 7 и с 30,32 до 59,61 млн.т соответственно.

Продолжается строительство фабрик, ввод в действие которых намечен на 1971-1973 гг. В 1971 г. в штате Нью-Мексико (США) будет введена в строй фабрика "Насименто" производительностью 2700 т/сутки, предназначенная для переработки сульфидных руд с содержанием меди 0,7% [6].

В штате Аризона (США) начато строительство фабрики "Лэйкшор" производительностью 7200 т/сутки для переработки медных руд, содержащих 0,75% меди и некоторое количество пирита. Фабрика будет выдавать медный концентрат при извлечении в него меди 91% [7].

В Канаде ведут строительство ряда фабрик, которые будут не только крупнейшими в стране, но и одними из крупнейших в капиталистических странах: "Айленд", "Лорнекс" производительностью соответственно (в тыс.т/сутки): 33 и 34, "Хаймонд" - 22,5, "Сямилкамин"

х)

Включая медно-никелевые руды.

Т а б л и ц а I

Данные о вводе в действие медных обогатительных фабрик
в капиталистических странах за 1965-1970 гг.

Страна, фабрика	Год ввода фабрики в действие	Производительность фабрики, тыс. т в сутки	Содержание меди в руде, %	Получаемые концентраты
<u>США</u>				
Минерал Парк.....	1965	13,5	н.д.	Медный, молибденовый
Баттл Маунтэйн....	1967	3,6	н.д.	Медный, содержащий золото и серебро
Литтл Чиф.....	1967	2,25	1,41	Медный
Континенталь.....	1967	2,7	2,2	Медный, цинковый, пиритный
Пенобскот.....	1968	0,45	н.д.	Медный, цинковый
Сиеррита.....	1969	76,5	0,35	Медный, молибденовый
Тайрон.....	1969	22,5	0,89- 0,94	Медный
Твин Бьюттс.....	1970	27,0 и установка для выщелачивания - 8,1	0,88	Медный, молибденовый
<u>КАНАДА</u>				
Шеридан.....	1965	0,63	1,5	Медный
Брайнекс.....	1965	2,16	1,0	Медный
Гренайд.....	1966	5,85	0,60	Медный
Орчан.....	1966	0,81	2,5	Медный, цинковый
Англо-Руен.....	1966	0,765	2,0	Медный
Майра-Фолла.....	1966	0,81	н.д.	Медный, цинковый
Пуэрье.....	1966	1,35	1,4- 1,74	Медный, цинковый
Нью-Империл.....	1967	2,25	1,0	Медный
Байе Верте.....	1967	1,35	н.д.	Медный, цинковый

Страна, фабрика	Год вводе фабрики в действие	Производительность фабрики, тыс. т в сутки	Содержание меди в руде, %	Получаемые концентраты
Голбридж.....	1967	1,80	0,89- 1,28	Медный
Гулль Понд.....	1967	1,80	н.д.	Медный
Тасу.....	1967	10,0- 12,0	0,75	Магнетитовый, медный
Терра.....	1968	2,7	н.д.	Медно-серебряный
Весфроб.....	1968	5,0	н.д.	Медный, магнетитовый
Брендэ.....	1969	21,6	0,212	Медный, молибденовый
Эйбро.....	1970	1,8	0,79	Медный
Грандж.....	1970	3,6	1,73	Медный
Девис Крик.....	1970	0,90	н.д.	Медный
Чарчил.....	1970	0,675	3,4- 5,1	Медный
Фокс.....	1970	2,7	1,74	Медный, цинковый
Джемисон.....	1970	0,52	2,6	Медный, цинковый
<u>ЧИЛИ</u>				
Колон.....	1967	25,0	1,6	Медный, молибденовый
Рио-Бланко.....	1970	9,0	1,58	Медный, молибденовый
<u>ПЕРУ</u>				
Кобризе.....	1968	1,215	2,2	Медный, золото-и серебросодержащий
<u>АВСТРАЛИЯ</u>				
Кобар.....	1966	2,0	н.д.	Медный, цинковый
Маунт Гансон.....	1970	н.д.	н.д.	Медный
<u>ФИЛИППИНЫ</u>				
Кеннон.....	1969	1,8	0,4- 0,63	Медный

Страна, фабрика	Год ввода фабрики в действие	Производительность фабрики, тыс. т в сутки	Содержание меди в руде, %	Получаемые концентраты
Санта Круз.....	1969	13,5	0,75	Медный
Филекс.....	1969	5,4	0,6	Медный, магнетитовый
Моппог.....	1969	1,0	н.д.	Медный
Мваркоппер.....	1969	16,3	0,79	Медный
<u>ЗАМБИЯ</u>				
Чамбиши.....	1967	2,7	н.д.	Медный
Нчанга Ист.....	1967	6,0	н.д.	Медный
<u>ИСТО-ЗАПАДНАЯ АФРИКА</u>				
Клейн Ауб.....	1966	0,77- 0,78	2,5	Медный
<u>РЕСПУБЛИКА ЗАИР</u>				
Камото.....	1968	5,0	н.д.	Медный
<u>МАВРИТАНИЯ</u>				
Акжут.....	1966	100 тыс. т в месяц	2,5- 2,7	Медный, содержащий золото и серебро
<u>ЮЖНО-АФРИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА</u>				
Мессинг.....	1965	5,0	1,17	Медный
Палаборв.....	1965	54,0	0,54	Медный
<u>ЯПОНИЯ</u>				
Фунва.....	1969	60 тыс. т в месяц	н.д.	Медный, цинковый, пиритный
<u>ШВЕЦИЯ</u>				
Айтик.....	1967	2 млн. т в год	0,5	Медный, пиритный
<u>НОРВЕГИЯ</u>				
Тверфиел.....	1968	400 тыс. т в год	н.д.	Медный, цинковый, пиритный
<u>ИРЛАНДИЯ</u>				
Гортдрум.....	1967	1,5	1,19	Медный, серебрясосодержащий

- 13,5; "Ньюмен" - 9. Запланировано строительство фабрики "Вэлли" производительностью 67,5 тыс.т в сутки [8]. Намечены к вводу в действие медно-цинковые фабрики "Баттл" и "Учи" производительностью соответственно 900 и 450 т в сутки. Продолжается строительство медно-цинковой фабрики "Рутан Лейк" производительностью 9000 т/сутки для переработки руды, содержащей 1,43% меди и 1,59% цинка. Пуск комбината намечен на 1 января 1973 г. Стоимость сооружений комбината составляет 60 млн.долл. [9].

В Австралии строится крупнейшая в капиталистическом мире обогатительная фабрика "Бугенвиль", рассчитанная на производительность 81 тыс.т/сутки медных порфириновых руд. Запасы руды на месторождении исчисляются примерно в 800 млн.т со средним содержанием меди 0,48%, золота 0,56 г/т и магнетита 3%. В дальнейшем предполагается увеличить производительность фабрики до 120 тыс. т/сутки. Отработка технологической схемы фабрики производится на действующей в настоящее время опытной установке производительностью 150 т/сутки. Предполагается, что основной попутной продукцией фабрики будет золото, производство которого составит 1555 кг в год [10].

В Австралии запланировано также строительство фабрики "Маунт Айза" № 4 с начальной производительностью 13 тыс.т/сутки.

В Чили в ближайшие годы должно быть введено в действие несколько небольших горно-обогатительных комбинатов, годовая продукция меди которых оценивается в 22,5 тыс.т.

В Мексике осуществляется подготовка к эксплуатации комбината на месторождении Сонора, запасы которого составляют около 600 млн.т [8].

В странах Африки - Республике Заир, Замбии, в Индонезии, Испании, Филиппинах и Перу строится ряд средних по мощности предприятий в основном для переработки богатых медных руд с содержанием меди 2,5% и выше.

За период с 1965 по 1971 гг. произведено расширение действующих фабрик с увеличением их производительности (в тыс.т/сутки): в США - фабрики "Мишен" с 13,5 до 22,7; "Уайт Пэйн" - с 12,5 до 26,6; "Пима" - с 18 до 35; "Инспирейшн" - с 18 до 22,5; "Сан Мануэль" - с 31,8 до 37,8; "Эсперанца" - с 10,8 до 13,5; "Иерингтон" - с 6,3 до 12,7; "Супериор" - с 1,3 до 2,7; в Канаде - "Гаспе" с 6,75 до 10,2; "Бетлехем" - с 5,4 до 13,7; "Тренайл" - с 4,5 до 5,85; "Феникс" - с 0,9 до 2,2; "Чибогэмо" - с 1,7 до 3,1; "Кам-Котия" - с 1,7 до 2,2.

В США производится расширение крупнейшей фабрики страны - "Сиеррита", введенной в действие в 1969 г., с увеличением ее

производительности с 65 до 76,5 тыс.т в сутки [11], фабрики "Сан Мануэль" - с 37,8 до 54 тыс.т и фабрики "Пима" - с 35 до 47 тыс. т в сутки [12]. Фабрика "Пима", на которой проводится уже четвертая стадия расширения, вступила в строй в 1957 г. с производительностью 2700 т в сутки.

Продолжаются работы по реконструкции обогатительных фабрик Чили. На крупнейшей из них - "Чукикамата" - к 1972 г. намечено закончить реконструкцию с увеличением производительности с 54 до 65 тыс.т в сутки. Будут построены две новые секции в дробильном отделении и две - в отделении измельчения, флотации и доизвлечения молибдена.

Расширяют также фабрику "Эль-Сальвадор" с 25 до 28 тыс.т в сутки.

Характеристика перерабатываемых руд

В капиталистических странах в последние годы наблюдается тенденция к вовлечению в эксплуатацию руд с низким содержанием меди в пределах 0,3-0,5%.

Если в США в 1965 г. с содержанием меди менее 1% перерабатывалось примерно 80% общего количества медных руд, то в 1967 г. - уже 99%. Среднее содержание извлекаемой меди в США снизилось с 0,74% в 1963 г. до 0,7% в 1965 г., 0,66% - в 1966 г., 0,63% - в 1967 г. и 0,6% - в 1968 г. [13]. На отдельных фабриках США перерабатываются руды и с более низким содержанием меди: "Эсперанца" - 0,4%; "Минерал Парк" - 0,5%; "Сиеррита" - 0,35%.

В Канаде, несмотря на переработку в целом более богатых руд, чем в США, в 1970 г. среднее содержание меди по сравнению с 1965 г. также снизилось до 0,87%. Для переработки руд с низким содержанием меди введены в действие фабрики "Брендэ" - 0,212% меди, "Гренайл" - 0,6%, "Тасу" - 0,75%, "Эйбро" - 0,79%, строящиеся фабрики "Айленд" и "Дорнекс".

Фабрики "Хаймонд" и "Симилкамин" также предназначены для переработки руды с низким содержанием меди (0,427 - 0,53%) и молибдена (0,014 - 0,017%).

На Филиппинах введены в действие фабрики: "Кеннон" - для переработки медных порфировых руд с содержанием меди 0,4%; "Филекс" - 0,6%; строится фабрика "Била-Барот" производительностью 15 тыс.т в сутки руд, содержащих 0,3% меди.

Фабрика "Пелэборэ", ЮАР, перерабатывавшая ранее руды с содержанием 0,35% меди, начала подвергать обогащению руды с содержанием меди 0,2%.

В Швеции с 1967 г. работает фабрика "Айтик" производительностью 2 млн. т в год для переработки медно-пиритной руды, содержащей 0,5% меди [14].

Несмотря на общую тенденцию снижения качества перерабатываемых руд, на некоторых фабриках обогащают весьма богатые по содержанию меди руды: в странах Африки на фабриках "Муфулира" - 2,5%; "Нчаяга" - 3,69%; "Банкрофт" - 3,37%; "Чибулума" - 4,31%; "Акжут" - 2,5-2,7%; "Клейн Ауб" - 2,5%. В Замбии строятся фабрики, на которых предусмотрена переработка руд, содержащих от 3,45 до 17% меди. На филиппинских фабриках "Лепанто" и "Багакей" обогащению подвергают руды с содержанием меди 2,9-3,13%; в Канаде на фабрике "Чарчил" - 3,4-5,1%; "Джемсон" - 2,6%; "Орчав" - 2,5%; "Трайбег" - 2,1% и "Англо-Руен" - 2%; в Перу на фабрике "Кобриав" - 2,2% меди.

Основные направления в развитии техники и технологии обогащения медных руд

Дробление руды на новых фабриках большой мощности производится, как правило, в три стадии (табл.2) до крупности 12-19 мм. Крупное дробление осуществляется на руднике, дробленая руда транспортируется к фабрике системой ленточных конвейеров, иногда на значительные расстояния (фабрики "Сиеррита", "Чукикамата", "Эль-Сальвадор", "Рио-Бланко", "Палабора" и др.).

На фабрике "Сиеррита" крупное дробление производится в двух гирационных дробилках Аллис Чалмерс размером 1524x2270 мм до крупности 85% минус 152 мм; производительность установки крупного дробления составляет 4500 т/час. Дробилки размещены на борту карьера. Дробленая руда транспортируется горизонтальным ленточным конвейером к наклонному конвейеру с шириной ленты 1372 мм, длиной 366 мм, который подает руду к двум ленточным конвейерам, транспортирующим ее к открытому складу на расстояние 4 км [15].

На фабрике "Чукикамата", Чили, в соответствии с программой расширения предполагается установить на карьере гирационную дробилку крупного дробления размером 1372 мм с системой ленточных конвейеров.

Дробленая руда будет транспортироваться ленточным конвейером с шириной ленты 1524 мм к буферному бункеру, из которого ленточным конвейером длиной 1,5 км будет подаваться на высоту 192 м в бункер фабрики емкостью 120 тыс. т. В настоящее время, до поступления в действие новой дробилки, для крупного дробления применяют гирационную дробилку Трейлора с шириной загрузочного отверстия 1524 мм, работающую с разгрузочной щелью 180-230 мм [16].

Число стадий и крупность дробления на медных фабриках
капиталистических стран

Страна, фабрика	Число стадий дробления	Крупность дробленого продукта, мм
<u>США</u>		
Сиеррита.....	3	19
Моренси.....	3	18
Чино.....	4	8
Силвер Белл.....	3	13
Пима.....	3	19
Твин Бьюттс.....	4	10
<u>КАНАДА</u>		
Англо-Руен.....	2	16
Бренда.....	3	19
Грэндок.....	3	25,4
Фокс.....	3	18
Тасу.....	3	16
Бетлехем.....	3	16
<u>ЧИЛИ</u>		
Чукикамата.....	3	19
Эль-Сальвадор.....	3	12,7
Рио-Бланко.....	3	13
<u>ЗАМБИЯ</u>		
Муфулира.....	3	9,5
Нченга.....	3	8
Нконе.....	3	6
Лвеншья.....	3	9
<u>ФИЛИППИНЫ</u>		
Кенноя.....	3	12,5
Лепанто.....	2	12,2
Сипалей.....	3	9,5
<u>РЕСПУБЛИКА ЗАИР</u>		
Кокандя.....	2	19
<u>АВСТРАЛИЯ</u>		
Маунт Гансон.....	3	13
<u>ЮГО-ЗАПАДНАЯ АФРИКА</u>		
Клейн Ауб.....	2	19
<u>УГАНДА</u>		
Килембе.....	2	12

В Чили добываемые на руднике "Эксотика" с 1970 г. окисленные и смешанные медные руды, переработка которых начата на фабрике "Чукикамата", также проходят крупное дробление в карьере в гирационной дробилке Аллис Чалмерс диаметром 1372 мм. Дробленая руда транспортируется ленточным конвейером на расстояние 2,6 км на высоту 180 м.

Дробление руды на строящейся фабрике "Бугенвиль" предусмотрено производить в 3 стадии. Крупное дробление будет осуществляться на руднике в гирационной дробилке диаметром 1370 мм до крупности 203 мм. Дробленая руда транспортируется закрытым ленточным конвейером к складу с активным запасом 45 тыс.т. Для транспортировки руды между корпусами служат ленточные конвейеры общей длиной 2 км [10].

Отделение крупного дробления фабрики "Палаборн", ЮАР, расположенное вблизи рудника, — наиболее интересная часть проекта фабрики. Дробление осуществляется в двух гирационных дробилках размером 910 мм, установленных ниже нулевой отметки. Отделение полностью автоматизировано. Управление работой оборудования осуществляется из диспетчерского пункта, где находится панель с контролирующими приборами. Отделение снабжено системой мокрого пылеулавливания, световой и звуковой сигнализацией. В бункерах дробленой руды производится замер уровней руды с помощью радиоактивных уровнемеров [17].

Четырехстадиальная схема дробления на фабрике "Твин Бьюттс", США, введенной в действие в 1970 г., представляет собой исключение в современной практике обогащения руд.

Первая стадия дробления производится на руднике "Твин Бьюттс" в двух гирационных дробилках с приемным отверстием 1370x2100 мм, установленных в карьере, в одной из которых дробится руда, в другой — вскрышные породы. Перед дробилками установлены колосниковые грохоты, на которые руда разгружается автосамосвалами. Дробленая руда и породы короткими конвейерами доставляется к двум основным конвейерам длиной по 770 м, расположенным на расстоянии 15 м один от другого и транспортирующим их на борт карьера.

Сульфидная руда с борта карьера доставляется ленточным конвейером к перегрузочному пункту (рис. 1), расположенному на расстоянии 140 м от борта карьера, с которого поступает либо непосредственно в дробильное отделение фабрики, либо конвейером длиной 360 м подается к рудному складу. На складе руда сортируется и с помощью механического укладчика складывается в два отвала (для руды с низким и высоким содержанием меди). Окисленная руда



Рис. 1. Перегрузочный пункт на фабрике "Твин Бьюттс"

с перегрузочного пункта перевозится автосамосвалами в отдельный отвал [18].

Ленточные конвейеры для транспортировки руды, расположенные на поверхности, устанавливаются в галереях закрытого и полужакрытого типа. На фабрике "Палабора" руда после крупного дробления на руднике транспортируется на вторую стадию дробления ленточным конвейером, расположенным в галерее полужакрытого типа (рис.2). На фабрике "Гаспе", Канада, руда крупного дробления подается на фабрику по конвейерам, расположенным в галерее из металлических труб, в которых проложена отопительная система с использованием тепла отходящих газов металлургического завода.

На фабрике "Чукикамата" большая часть ленточного конвейера, транспортирующего дробленую руду на фабрику, размещается в наклонном тоннеле длиной более 1 км. Производительность этого конвейера составит 4500 т/час.

На фабриках, введенных в действие в последние годы и перерабатывающих руды подземной добычи, широко практикуется осуществление крупного дробления под землей, как правило - в щековых дробилках (фабрики "Эртсберг", "Кеннон", "Рио-Бланко", "Фокс" и др.) реже - в гирационных ("Камото").

На строящейся в Индонезии фабрике "Эртсберг" предусмотрено крупное дробление под землей с подачей руды к дробилкам по рудоспускам [19].

На фабрике "Гранджок", Канада, первая стадия дробления производится под землей; руду и пустую породу дробят в одной общей щековой дробилке в разные смены. Дробленая руда и пустая порода отдельными ленточными конвейерами подаются в бункера к железной дороге.

На введенной в действие в 1970 г. фабрике "Фокс", Канада, применяется трехстадиальное дробление; крупное дробление производится под землей на отметке 670 м в щековой дробилке с предварительным грохочением. Дробленный продукт крупностью -150 мм объединяется с подрешетным продуктом грохота и поступает в шахтный бункер дробленой руды. Дробилка снабжена оборудованием для сухого пылеулавливания. Дробленный продукт из шахтного бункера поднимают на поверхность и направляют в бункер емкостью 900 т главного корпуса фабрики [20].

Введенная в действие фабрика "Рио-Бланко" в Чили в связи с недостатком площади на поверхности и частыми обвалами расположена под землей в системе подземных камерных выработок. Добытая руда по рудоспускам доставляется в два приемных бункера емкостью 7200 т каждый, из которых конвейерами подается в отделение дробления [21].

На фабрике "Кеннон", Филиппины, введенной в действие в 1969 г., применяется трехстадиальное дробление до крупности -12,5 мм. Все



Рис. 2. Ленточные транспортеры на фабрике "Палабора"

три стадии дробления производятся под землей в дробильном отделении, предназначенном для переработки 4000 т руды в сутки. Руда подается на дробление по подземной галерее ленточными конвейерами. Строительство дробильного отделения под землей обусловлено отсутствием свободного места на поверхности, так как фабрика расположена в узком отвесном каньоне.

Для первой стадии дробления установлена щековая дробилка размером 914x635 мм, для второй - стандартная конусная диаметром 1220 мм и для третьей - короткоконусная диаметром 1220 мм. Каждая стадия дробления производится в открытом цикле с предварительным грохочением [22].

На введенной в действие в 1968 г. фабрике "Камото", Республика Заир, перерабатываются руды открытой и подземной добычи. Руда подземной добычи дробится под землей в гирационной дробилке, выдвигается скипами на поверхность и транспортируется на склад дробленой руды [23].

На фабрике "Айтик", Швеция, перерабатывающей руды открытой добычи, крупное дробление осуществляется также под землей в гирационной дробилке, работающей с разгрузочной щелью 200 мм. Дробленая руда складывается в бункере, также установленном под землей. Зимой в этот бункер добавляют хлористый кальций (0,8 кг) для предотвращения смерзания руды [14].

На многих фабриках имеются склады или бункера крупнодробленой руды с четырех - пятисуточным запасом, благодаря чему отделение первичного дробления может работать в режиме карьера при непрерывной рабочей неделе на фабрике.

Для второй и третьей стадий дробления применяются стандартные конусные и короткоконусные дробилки Саймонса, в основном диаметром 2100 мм.

На новых фабриках устанавливаются дробилки с гидравлическим регулированием щели. На фабрике "Гренайл" (Канада), введенной в действие в 1966 г., вторичное дробление осуществляется в гирационной дробилке Гидрокон диаметром 2100 мм, работающей с разгрузочной щелью 29 мм. Дробилки Гидрокон с диаметром конуса 2135 мм также установлены во второй стадии на фабриках "Кристинг" и "Твин Бьюттс" (США), "Фокс" (Канада); во второй и третьей стадиях - на фабриках "Краймонт" (Канада) и "Сиеррита" (США).

На фабриках развиты операции предварительного грохочения; для обеспечения равномерной загрузки дробилок последней стадии предусматриваются бункера отгрохоченной руды, из которых она подается в дробилки питателями.

Измельчение руды на медных обогатительных фабриках в основном двухстадиальное: первая стадия - в стержневых мельницах в открытом цикле, вторая - в шаровых мельницах, работающих в замкнутом цикле с гидроциклонами. При крупной вкрапленности полезных минералов или более мелком, чем обычно, дроблении применяются и одностадийные схемы (фабрики "Моренси", "Сиеррита", "Маунт Гансон", "Твайрон", "Кеннон", "Бугенвиль" и др.).

Измельчение руды в большинстве случаев относительно крупное - до 50-65% минус 0,074 мм, что позволяет сократить общий расход электроэнергии на фабрике до 9,1-16,6 квт.ч/т руды.

Ниже приведен расход электроэнергии на фабриках, работающих с крупным первичным измельчением.

Страны, фабрики	Общий расход электроэнергии, квт.ч/т
<u>США</u>	
Артур.....	16,60
Моренси.....	13,65
Кастл Дом.....	12,58
Мишен.....	15,59
Чино.....	15,0
Майами.....	11,46
Твайрон.....	15,0
Лондон.....	19,4
Уэйт Пайн.....	23,0
Пима.....	21,2
Хейден.....	11,2
<u>КАНАДА</u>	
Чибогамо.....	19,97
<u>ЗАМБИЯ</u>	
Муфулира.....	9,1

Некоторые фабрики работают при весьма тонком измельчении: до 95% -0,074 мм - фабрика "Клейн Ауб" (Юго-Западная Африка); 85% -0,074 мм - фабрика "Тасу" (Канада).

В последнее время в зарубежной практике гидроциклоны повсеместно вытесняют механические классификаторы. Их устанавливают на площадках с учетом самотека слива и песков. Как правило, гидроциклоны размещают в два, три, четыре и шесть агрегатов с фабричной поставкой их в батарейном исполнении. Это обеспечивает ряд конструктивно-компоновочных преимуществ, в частности - компактность секции измельчение - флотация, в которой флотационные

машины располагаются в корпусе торцами к измельчительному отделению. Такое расположение удобно для эксплуатации: зумпы и пульподелители могут находиться вблизи мельниц; кроме того, можно установить длинные флотомшины и сократить их количество.

Удельная производительность установленных на фабриках мельниц по классу $-0,074$ мм, приведенная к диаметру 3,2 м, довольно высокая и составляет в среднем $1,4 \text{ т/м}^3$ в час, а удельный расход электроэнергии, считая по классу $-0,074$ мм, — в среднем 15 квт.ч/т .

Т а б л и ц а 3

Характеристика крупных мельниц, установленных на медных фабриках капиталистических стран

Фабрика, страна	Производительность фабрики, тыс.т/сутки	Размер мельниц, диаметр x длина, мм	Количество	Мощность электродвигателя, квт
<u>Стержневые мельницы</u>				
Уайт Пэйн, США	26,6	3,96x6,25	1	1500
		3,2x4,27	6	н.д.
Твин Бьюттс, США	27,0	4,27x5,49	3	1750
Эсперанца, США	13,5	3,75x4,8	2	1250
Бренда, Канада	21,6	4,1x5,5	4	1460
Грандж, Канада	3,6	3,2x4,88	1	н.д.
Рио-Бланко, Чили	9,0	3,51x4,88	1	н.д.
Санта-Круз, Филиппины.....	13,5	4,5x6,0	н.д.	н.д.
<u>Шаровые мельницы</u>				
Смеррита, США....	76,5	5,05x5,83	14	3000
Уайт Пэйн, США	26,6	3,9x10,0	1	3000
Тайрон, США.....	22,5	3,6x3,6	12	н.д.
Бренда, Канада..	21,6	4,1x6,7	4	2100
Фокс, Канада....	2,7	3,8x4,57	н.д.	н.д.
Бугенвиль, Австралия.....	81,0	5,49x6,4	8	4250
Колон, Чили.....	25,0	4,2x7,32	7	н.д.
Чукикамата, Чили	54,0	3,55x3,66	2	н.д.
Рио-Бланко, Чили	9,0	3,66x4,88	4	н.д.
Кеннон, Филиппины	1,8	3,5x4,88	н.д.	н.д.
Толедо, Филиппины	25,0	3,8x4,88	н.д.	н.д.
Санта-Круз, Филиппины.....	13,5	4,5x6,0	н.д.	н.д.

Широкое распространение получает практика установки крупных мельниц диаметром 4-5 м с электродвигателями мощностью 1500-4000 л.с. (табл.3).

Проведенные в США экономические расчеты показали, что высокая стоимость крупной мельницы с электродвигателем 4-6 тыс.л.с. (~ 1 млн.долл.) компенсируется снижением на 50% расхода стали и на 25% - эксплуатационных затрат.

Крупными мельницами оборудованы введенные в действие в последние годы фабрики "Твин Бьютс" и "Гайрон", США; "Бренда", "Грандж" и "Фоко", Канада; "Рио-Бланко", Чили, и другие.

Практика работы фабрик, оборудованных крупными мельницами, показала, что применение таких мельниц облегчает обслуживание отделения измельчения и снижает эксплуатационные и капитальные расходы; кроме того, освобождается площадь в отделении измельчения, которая может быть использована для установки дополнительного оборудования, например мельниц доизмельчения [24].

В последние годы все большее распространение начали получать процессы самоизмельчения и рудногалечного измельчения для подготовки медных руд к флотации. С 1965 г. переработка медных руд с применением процесса бесшарового измельчения возросла почти в два раза - с 17,82 до 32,92 млн.т руды; к 1972 г. намечено увеличить переработку до 96,69 млн.т (табл.4).

Т а б л и ц а 4

Динамика применения процесса бесшарового измельчения на медных обогатительных фабриках капиталистических стран

Процесс	Переработано руды, млн.т		
	1965 г.	1970 г.	1972 г.
Рудногалечное измельчение.....	12,60	27,33	31,29
Самоизмельчение.....	5,22	4,89	65,40
Всего.....	17,82	32,22	96,69

Если за период 1965-1970 гг. в технологии измельчения наблюдалась тенденция к применению в основном рудногалечного измельчения, то к 1972 г. намечается преимущественно более широкое применение мокрого самоизмельчения. К 1972 г. с процессом самоизмельчения будут перерабатывать примерно 70% от общего количества руд, для которых намечено применение бесшарового измельчения.

Процессы сухого и мокрого самоизмельчения руд осуществляют в мельницах Каскад и Аэрофол диаметром до 9,7 м (табл.5).

Т а б л и ц а 5

Применение мельниц самоизмельчения и рудногалечных
на медных фабриках капиталистических стран

Фабрика, страна	Производи- тельность фабрики, тыс. т/сутки	Размеры мельниц, ди- аметр x дли- на, м	Коли- чество	Мощность электродвига- теля, квт
<u>Мельницы самоизмельчения</u>				
Мангула, Южная Родезия.....	3,9	6,7x1,6	н.д.	н.д.
Акжут, Маврита- ния.....	100 тыс. т/ мес.	6,7x1,6	н.д.	н.д.
Камото (Республи- ка Заир)	5,0	8,4x3,0	2	н.д.
Эртсберг, Индоне- зия.....	6,3	9,7x3,6	1	4400
Айленд, Канада.	33,0	9,7x3,6	6	2x3000
Лорнекс, Канада	34,0	9,7x3,6	2	н.д.
<u>Рудногалечные мельницы</u>				
Бьютт, США.....	40,0	3,8x67	н.д.	н.д.
Твин Бьюттс, США	27,0	4,4x8,5	1	н.д.
Тасу, Канада.....	13,5	3,66x6,71	2	н.д.
Англо-Руен, Канада	9,0	3,2x3,9	1	н.д.
Грандок, Канада..	3,6	3,8x5,5	4	н.д.
Айтик, Швеция...	7,0	4,5x5,4	н.д.	н.д.
Керетти, Финляндия	1,35	2,7x3,6	4	1000
Пихасалми, Финлян- дия.....	2,0	3,2x4,5	2	300

До 1970 г. процессы самоизмельчения для подготовки к обогащению медно-молибденовых руд на предприятиях капиталистических стран не применялись. На строящихся в Канаде фабриках "Айленд" и "Лорнекс" впервые при обогащении медно-молибденовых руд принят процесс самоизмельчения в мельницах Каскад диаметром 9,75 м.

При осуществлении программы расширения медно-молибденовой фабрики "Пима", США, с увеличением ее производительности до 48 тыс. т/сутки, предусмотрена замена шарового измельчения самоизмельчением.

Применение самоизмельчения предусмотрено на строящихся фабриках для переработки медных сульфидных руд: "Валли" производи-

тельностью 67,5 тыс.т/сутки и "Симилкамин" - 13,5 (Канада); "Канзанши" (Замбия), "Эртсберг" (Индонезия) - 6300 т/сутки, а также на строящейся фабрике в Турции [25].

В Австралии на фабрике "Бугенвиль" производительностью 81 тыс.т/сутки в связи с высоким расходом шаров (17 тыс.т в год) рассматривается возможность перехода на процесс самоизмельчения.

Процесс самоизмельчения при переработке сульфидно-окисленных руд применяется на фабриках "Камото" (Республика Заир) и "Акжут" (Мавритания).

На обогатительной фабрике "Камото", перерабатывающей 1,8 млн. т в год сульфидно-окисленной руды, измельчение производят в двух мельницах самоизмельчения Каскад размером 8,4x3 м производительностью 110 т/час каждая. Мельницы работают в замкнутом цикле с гидроциклонами. Циркулирующая нагрузка не превышает 150-200%. Слив гидроциклонов, содержащий 6-15% класса плюс 0,15 мм, 20-35% плюс 0,074 мм, 40-55% плюс 0,03 мм и 70% плюс 0,012 мм при 30-35% твердого, поступает на флотацию.

На фабрике "Акжут" предусмотрено применение процесса сухого самоизмельчения в мельницах Аэрофол диаметром 6,7 м. Решение о применении сухого измельчения было вызвано дефицитом угля для сушки концентратов.

На фабрике "Твин Бьюттс" измельчение производится по двухстадийной схеме: первая стадия - в стержневых, вторая - в рудногалечных мельницах. Каждая из трех секций фабрики оборудована одной стержневой мельницей размером 4,2x5,6 м, работающей в открытом цикле с шестью гидроциклонами, и одной рудногалечной Аллис Чалмерс размером 4,4x8,5 м, работающей в замкнутом цикле с этими же гидроциклонами.

Фабрика "Грандок" перерабатывает 3600 т в сутки медной руды месторождения, расположенного в зоне ледников. Измельчение руды производят в две стадии до крупности 95%-65 меш, в двух идентичных секциях. В первой стадии установлена одна стержневая мельница размером 3,2x4,88 м, во второй - две рудногалечные размером 3,8x5,5 м. Каждая рудногалечная мельница работает в замкнутом цикле с двумя гидроциклонами при циркулирующей нагрузке 400%. Питание этих мельниц состоит из 8% гальки и 92% разгрузки стержневых мельниц крупностью -3,3 мм [26].

На зарубежных обогатительных фабриках при обогащении медных руд получает развитие схема с раздельной флотацией песковой и шламовой фракций (табл.6).

В последнее время, кроме работавших ранее по схемам с раздельной флотацией песков и шламов фабрик "Бьютт", "Хейден", "Уайт

Т а б л и ц а 6

Данные о фабриках, работающих по схеме с отдельной
флотацией песков и шламов

Страна, фабрика	Производительность фабрики, тыс.т/сутки	
	1965 г.	1970 г.
<u>США</u>		
Бьютт.....	38,0	40,0
Хейден.....	14,5	22,5
Лэйт Пэйн.....	12,5	26,6
Твин Бьюттс.....	-	27,0
<u>ФИЛИППИНЫ</u>		
Сипалей.....	н.д.	7,2
Филекс.....	-	9,4
Багакай.....	н.д.	0,9
<u>АВСТРАЛИЯ</u>		
Маунт-Айза № 3.....	1,35	1,35
<u>ЗАМБИЯ</u>		
Банкрофт.....	150 тыс.т в мес.	1,7 млн.т в год
Ичанга.....	4,5 млн.т в год	9,2 млн.т в год

Лэйн" в США, данную технологию освоили другие фабрики. Широкое распространение отдельная флотация песков и шламов получила на фабриках Филиппин - "Сипалей", "Филекс", "Багакай".

На фабрике "Сипалей" руда подвергается промывке с удалением шламов, которые поступают на флотацию в отдельный цикл. Песковая фракция после дробления и измельчения до крупности 60%-200 меш поступает на флотацию с получением коллективного медно-молибденового концентрата, направляемого затем на разделение.

На фабрике "Филекс" после промывки руды шлам перерабатывается в отдельном цикле флотации при pH 11,5. Песковая фракция, составляющая лишь 10% от общего количества руды, поступает на дробление, измельчение и флотацию.

По схеме с предварительной промывкой руды и отдельной флотацией песков и шламов работает также фабрика "Багакай" [24].

На фабрике "Твин Бьюттс", США, впервые в капиталистических странах начато применение схемы с отдельной флотацией песков и шламов при переработке медно-молибденовых руд.

На фабрике "Маунт Лейл" (Австралия) хвосты основной первичной флотации подвергают классификации в гидроциклонах, пески и слив направляют отдельно в контрольные флотации. Внедрение такой технологии на фабрике позволило повысить общее извлечение меди и снизить ее содержание в отвальных хвостах до 0,12%.

Расширяется практика попутного извлечения молибденовых концентратов из медно-молибденовых руд. В 1965 г. работало 16 фабрик общей мощностью 107,5 млн.т в год с получением молибденового концентрата. К 1970 г. в капиталистических и развивающихся странах насчитывалось 26 фабрик общей мощностью 210,7 млн.т в год (табл. 7).

Если раньше установки для извлечения молибдена строились намного позже ввода в действие фабрик, то в последние годы такие установки уже предусматриваются в проектах фабрик.

В последние годы на ряде фабрик проводятся работы по доизвлечению меди из флотационных хвостов.

В 1966 г. установка для перефлотации хвостов медной флотации введена на фабрике "Чино" (США). Перефлотация песковой фракции хвостов позволила увеличить общее извлечение меди на 5% и дополнительно получать 9 т меди и 0,23 т молибдена в сутки [27].

На фабрике "Уайт Пайн" (США) построена установка производительностью 6300 т/сутки для переработки флотационных хвостов фабрики процессом цианирования. Применение этого процесса с использованием цианида кальция в качестве активного агента обеспечивает выщелачивание окисленной и сульфидной меди и позволяет извлечь около 92% содержащейся в хвостах меди [28].

На фабриках "Артур" и "Магна" (США) построены две установки для переработки хвостов производительностью по 48,6 тыс.т в сутки. На каждой из этих установок получают по 72 т медного концентрата в сутки. Флотационные хвосты с фабрик подвергают обесшламливанию с последующим направлением песковой фракции на флотацию, концентрат которой доизмельчают и перечищают с получением низкокачественного концентрата. Ввод этих установок обеспечил выпуск медной продукции на уровне 270 тыс.т меди в год при снижающемся качестве руды и повышении извлечения меди до 90% [29].

На фабрике "Эль-Сальвадор" (Чили) в связи с высоким содержанием меди в хвостах (0,18-0,3%) также проводят работы по доизвлечению из них меди. В настоящее время для переработки отвальных хвостов строится секция доизмельчения, включающая две мельницы Марси размером 2,7х2,7 м с разгрузкой через решетку и восемь гидроциклонов Кребса диаметром 533 мм. Хвосты предусмотрено классифицировать в гидроциклонах с последующим направлением пес-

Т а б л и ц а 7

Показатели фабрик, работающих с получением молибденового
концентрата

Страна, фабрика	Производительность фабрики, тыс. т/сутки		Производство молибденового концентрата, т/год
	1965 г.	1970 г.	
<u>США</u>			
Артур и Мэгно.....	90,0	100,0	9000
Моренси.....	50,0	52,5	н.д.
Сан Мануэль.....	27,0	54,4	н.д.
Чино.....	20,0	22,0	н.д.
Майами.....	15,5	н.д.	н.д.
Макгил.....	20,0	20,0	н.д.
Эсперанца.....	12,0	13,5	н.д.
Силвер Белл.....	7,2	12,0	н.д.
Бэгдэд.....	5,4	5,4	н.д.
Гарлей.....	н.д.	н.д.	н.д.
Пима.....	-	27,0	294
Мишен.....	-	22,7	450-540
Инспирейшн.....	-	22,5	670
Смеррита.....	-	76,5	7464
Твин Бьютс.....	-	27,0	н.д.
Минерал Парк.....	10,8	13,5	н.д.
<u>КАНАДА</u>			
Бетлехем.....	-	13,7	23
Гвэпе.....	6,75	10,1	270
Брендэ.....	-	21,6	6750
<u>ЧИЛИ</u>			
Эль-Сальвадор.....	22,5	25,2	6,3 т/сутки
Чукикамэта.....	42,0	54,0	5,075 т/сутки
Колон.....	-	25,0 ^{x)}	3150
Сью-Элл.....	н.д.	31,5	н.д.
Рис-Бланко.....	-	9,0	450 т/сутки
<u>ПЕРУ</u>			
Токепала.....	27,0	37,85	н.д.
<u>ФИЛИППИНЫ</u>			
Сипэлей.....	-	8,0	122,4

x) Фабрика введена в строй в начале 1971 г.

ков на доизмельчение, а слива — в отвал. Предполагается, что обработка хвостов позволит получить дополнительно с каждой тонны перерабатываемых хвостов 900 г меди.

Процесс флотации на фабрике "Толедо", Филиппины, осложняется наличием в руде значительных количеств шламов, в то время как основные потери меди с хвостами (около 70%) связаны с крупными классами +200 меш. На базе проведенных исследований на фабрике была введена в действие установка, где все хвосты подвергают обесшламливанию в гидроциклонах и последующей флотации песковой фракции, содержащей 0,13% меди. Получаемый концентрат содержит 1-1,5% меди и поступает на основную фабрику, где объединяется с концентратом контрольной флотации.

Применение указанной технологии на фабрике позволило повысить извлечение общей меди с 87,84 до 91,69%, а сульфидной — с 90,75 до 95,1%. Содержание меди в медном концентрате повысилось с 28 до 30%. Содержание общей меди в хвостах при этом снизилось с 0,08% (0,04% сульфидной) до 0,05% (0,03% сульфидной) [24].

На медных обогатительных фабриках применяют главным образом три типа флотационных машин: Аджитэйр, Фэгергрэн и Денвер.

В последние годы основные фирмы, изготавливающие флотомашину, значительно увеличили объемы выпускаемых камер. Если ранее объем наиболее крупных камер был 2,8 м³, то в настоящее время — 17 м³. Крупные флотационные машины внедрены на многих обогатительных фабриках (табл. 8).

Крупнейшие камеры объемом 17 м³ фирмы "Денвер" устанавливаются на двух строящихся обогатительных фабриках — "Бугенвиль" (Австралия) и "Лорнекс" (Канада).

На обогатительной фабрике "Опемиска" (Канада) традиционные флотомашину типа Денвер и Фэгергрэн были заменены флотационными колоннами объемом 8,6 и 20 м³ производства компании "Фечниквил" (Торонто). В этой машине расход электроэнергии 0,35 — 1,05 л.с. на 1 м³ пульпы (против 2,8—8,8 л.с. у стандартных машин). На фабрике 80 стандартных камер заменены 12-ю новыми колоннами. При этом повысилось извлечение и качество концентрата. Стандартные камеры занимали 530 м² площади, обеспечивая производительность флотационного отделения 2000 т/сутки. Новые колонны занимают 166 м² и имеют производительность 3000 т/сутки [30].

На обогатительных фабриках скандинавских стран и ряде фабрик Канады получили распространение флотомашину фирмы "Сала" (Швеция).

В последние годы конструкция машин марки ВФР этой фирмы была усовершенствована (марка ВФР) с целью увеличения их произ-

Т а б л и ц а 8

Данные о фабриках, применяющих крупные флотационные камеры

Страна, фабрика	Производительность фабрики, тыс. т/сутки	Тип камеры	Объем камеры, м ³
<u>США</u>			
Эсперанца.....	13,5	Денвер Д-Р 200	5,6
Бюгдэ.....	5,4	Дегергрэн № 120	8,5
Хейден.....	22,5	То же	8,5
Твиш Бьюттс.....	27,0	Аджитэйр № 120	7,1
Бьютт.....	40,0	То же	7,1
Инспирейшн.....	22,5	—	7,1
<u>КАНАДА</u>			
Лорнекс.....	34,0	Денвер Д-Р 300	8,5
		Денвер Д-Р 600	17,0
Бетлехем.....	12,0	Аджитэйр № 120	7,1
Брендэ.....	21,6	То же	7,1
Юкс.....	2,7	—	7,1
<u>ФИЛИППИНЫ</u>			
Санта-Круз.....	13,5	Денвер Д-Р 400	11,3
		Денвер Д-Р 200	5,6
Толедо.....	25,0	н.д.	7,1
Бугенвиль, Австралия...	81,0	Денвер Д-Р 300	8,5
		Денвер Д-Р 600	17,0
Рис-Бланко, Чили.....	9,0	Аджитэйр № 120	6,8

водительности и возможности обработки в них бедных руд с высокими показателями. Впервые в 1968 г. эти машины были установлены на фабрике "Айтик" (Швеция) производительностью около 7000 т/сутки медной руды, содержащей 0,5% меди.

На медных фабриках капиталистических стран достигнута высокая производительность труда по сравнению с фабриками, перерабатывающими руды других цветных металлов (табл. 9).

Т а б л и ц а 9

Обслуживающий штат и производительность труда на обогатительных фабриках капиталистических и развивающихся стран

Страна, фабрика	Производительность фабрики, тыс. т/сутки	Штат фабрики, чел.			Производительность труда одного человека, тыс. т в год
		Дробление	измельчение	флотация	

Медные фабрики

<u>КАНАДА</u>						
Англо-Руен.....	0,81	4	4	4	26	9,36
Консолидейтед..	1,8	4	4	4	37	14,61
Крайгмонт.....	4,5	13	4	4	54	24,15
Гренбэй.....	2,16	8	6	6	44	14,76
Гренэйл.....	5,85	12	4	4	52	33,75
Маниту Барви...	0,72	6	4	5	53	4,08
Макинтайр.....	1,98	8	4	4	69	8,64
Нью Империял...	2,25	н.д.	н.д.	н.д.	39	12,31
Норанда.....	2,88	81	4	4	94	9,18
Опемиска.....	2,02	6	4	4	48	12,66
Беевер.....	0,18	4	4	4	22	2,46
Рио-Алгом.....	0,72	2	3	5	20	10,8
Чарчил.....	0,7	н.д.	н.д.	н.д.	155	1,35
Тэсу.....	10,0	н.д.	н.д.	н.д.	67	45,0
<u>США</u>						
Уэйт Пэйн ¹⁾	12,5	н.д.	н.д.	н.д.	113	33,18
<u>ПЕРУ</u>						
Кобризе.....	1,215	н.д.	н.д.	н.д.	65	5,61
<u>ФИНЛЯНДИЯ</u>						
Виртасалми.....	200 тыс. т/год	н.д.	н.д.	н.д.	11	18,18

Медно-цинковые фабрики

<u>КАНАДА</u>						
Фокс.....	2,7	н.д.	н.д.	н.д.	46	17,66
Британия.....	2,7	н.д.	н.д.	н.д.	41	19,77

Страна, фабрика	Производительность фабрики, тыс. т/сутки	Штат фабрики, чел.				Производительность труда одного человека, тыс. т в год
		дробление	измельчение	флотация	все-го	
Джеко.....	3,6	12	4	8	94	11,49
Кем Котна....	2,17	9	6	10	48	13,56
Норметал.....	0,9	4	4	4	51	5,28
Квемонт.....	2,07	-	-	3	52	11,94
Маттагами....	3,465	6	4	4	58	17,91
Лейк Дьфо....	1,13	н.д.	н.д.	н.д.	37	9,18
Орчан.....	1,845	7	4	4	59	9,36
Джемисон.....	0,577	3	4	4	41	3,78
Зенмак.....	0,135	1	3	3	9	4,50
<u>ФИНЛЯНДИЯ</u>						
Пяхесалми....	1,62	3	4	12	50	9,72
Керетти.....	1,35	4	4	16	35	11,58

Медно-молибденовые фабрики

<u>КАНАДА</u>						
Бетлехем.....	13,7	8	8	8	124	33,3
Бренда.....	21,6	14	8	8	87	74,55
Гаспе.....	10,2	н.д.	н.д.	н.д.	84	36,45
<u>ЧИЛИ</u>						
Сью-Эдл.....	31,5	н.д.	н.д.	н.д.	690	24,60
Колон.....	25,0	н.д.	н.д.	н.д.		
Чукикамета....	54,0	н.д.	н.д.	н.д.		
Эль-Сальвадор	25,0	н.д.	н.д.	н.д.	180	41,64
<u>ПЕРУ</u>						
Токепела.....	37,8	н.д.	н.д.	н.д.	240	47,22
<u>США</u>						
Моренси.....	52,2	н.д.	н.д.	38	460	34,02

¹⁾ В настоящее время производительность фабрики 27 тыс. т/сутки.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНЫХ РУД

Перерабатываемые на зарубежных обогатительных фабриках медные руды можно разделить на медно-молибденовые; сульфидные, сульфидно-окисленные и окисленные медные; медно-цинковые, медно-магнетитовые и медно-пиритные.

Ниже рассматриваются особенности технологических схем фабрик, перерабатывающих медные руды различных типов.

Медно-молибденовые руды

Основное количество медных концентратов, производимых на фабриках капиталистических стран, получают из медно-молибденовых руд. До последнего времени обогащение медных порфириновых руд было сосредоточено в США, Чили, Перу, в настоящее время интенсивно развивается в Канаде.

Перерабатываемые в капиталистических странах медно-молибденовые порфириновые руды содержат 0,22-2% меди и 0,008 - 0,1% молибдена.

Характерной особенностью фабрик, перерабатывающих медные порфириновые руды, является их большая производительность: в США - фабрики "Артур" и "Магна" - 50 тыс. т руды в сутки каждая; "Моренси" - 52,5; "Сиеррита" - 76,5; "Сан Мануэль" - 37,8; в Канаде - "Брендэ" - 21,6; в Чили - "Чукикамата" - 54; "Сью-Элл" - 31,5; в Перу - "Токепала" - 32,85.

Обогащение руд производится по общепринятой технологии, включающей первичную коллективную флотацию медных минералов и молибденита с получением коллективного медно-молибденового концентрата и дальнейшим разделением его на медный и молибденовый концентраты (рис. 3).

Основная флотация, как правило, проводится при крупном первичном измельчении руды до 50-60% -200 меш, с последующим доизмельчением коллективного концентрата перед перекисткой его до 80-90% -200 меш. На фабриках "Артур" и "Магна" крупность измельчения составляет 58%, "Пима" - 55%, "Сан Мануэль" - 67%, "Брендэ" - 50%, "Чукикамата" - 50%, "Эль-Сальвадор" - 58,5% -200 меш.

Коллективная флотация проводится с применением широкого ассортимента реагентов-собирателей: ксантогенатов, аэрофлотов, реагента Z-200 (табл. 10).

За последние годы возросло применение более селективных реагентов: содового аэрофлота (в 1965 г. - 47,7% перерабатываемых руд вместо 44% в 1960 г.); этилового ксантогената (в 1965 г. - 47% вместо 14% в 1960 г.). С реагентом Z-200 в 1965 г. было переработано 25% руд (в 1960 г. - 19%).

флотации эподярных месел, способствующих повышению извлечения молибдена в коллективный концентрат.

Средний удельный расход всех собирателей, включая углеводородные масла, составил в 1965 г. менее 30 г/т [31].

Начато применение реагента S-3302, являющегося алиловым эфиром амилксантогеновой кислоты. Этот реагент обеспечивает увеличение извлечения молибдена и относительно слабо флотирует пирит.

Применение реагента S-3302 на фабрике "Сан Мануэль", США, позволило повысить извлечение молибдена в коллективный концентрат на 10% и улучшить условия его разделения; на фабрике "Токепала", Перу - на 6%.

На пенообразователей при флотации медно-молибденовых руд широко используют спиртовые реагенты типа аэрофрос; возросло применение метилазобутилкарбоната, а также сочетания пенообразователей.

За рубежом при обогащении медно-молибденовых руд применяют методы разделения коллективного медно-молибденового концентрата, основанные как на депрессии медных минералов и активной флотации молибденита, так и на депрессии молибденита и активной флотации медных минералов.

Коллективный медно-молибденовый концентрат перед разделением на ряде фабрик проходит тепловую обработку - обжиг или пропарку.

Следует отметить, что процесс разделения медно-молибденового концентрата, основанный на депрессии молибденита декстрином и активной флотации медных минералов, применяется только на фабриках "Артур", "Магна" и "Сильвер Белл" в США. На большинстве фабрик получили распространение методы разделения, основанные на депрессии медных минералов и активной флотации молибденита.

На фабриках "Артур" и "Магна" коллективный концентрат, сгущенный до 40%, разбавляют водой до 21% твердого, перемешивают с добавлением в пульпу декстрина, депрессирующего молибденит. Обработанная пульпа подвергается флотации с этиловым ксантогенатом натрия и спиртовым вспенивателем, с выделением медного концентрата. Молибденовый продукт, являющийся хвостами медной флотации, поступает на сгущение, фильтрацию и обжиг при 300°C для разрушения пленок реагентов и снижения в результате окисления флотационной способности сульфидов меди и железа.

Основные молибденовые флотации осуществляются с применением спиртовых вспенивателей. В цикле контрольных флотаций применяют смесь нефтяного и соснового масла или сульфидизированное нефтяное масло для повышения извлечения молибдена.

Полученный молибденовый концентрат подвергают вторичной температурной обработке при 210–250⁰С, доизмельчению и вторичной флотации с применением только спиртового вспенивателя и извести.

Конечный молибденовый концентрат содержит 51% молибдена и менее 0,5% меди. Более чистый молибденовый концентрат, содержащий 0,15% меди, получают после выщелачивания цианистым раствором.

Общее извлечение молибдена в молибденовый концентрат колеблется от 65 до 75% в зависимости от качества руды [32].

При разделении коллективного медно-молибденового концентрата с депрессией медных минералов применяют:

ферроцианид или цианид натрия (фабрики "Моренси" и "Эсперанца", США; "Гаспе", Канада);

реагенты-окислители ("Сан Мануэль", США; "Токепала", Перу);

реагент ноукс – продукт взаимодействия пентасернистого фосфора и едкого натрия ("Макгил", "Инспирейшн", "Чино", США; "Сипалей", Филиппины; "Эль-Сальвадор" и "Эль-Тенниенте", Чили);

сернистый или гидросернистый натрий ("Мишен", США; "Бренда", Канада);

реагент анимол Д.

Разделение коллективного концентрата с депрессией меди реагентами-окислителями внедрено на фабрике "Сан Мануэль".

Процесс разделения проводится с подачей гипохлорита натрия (в комбинации с ферроцианидом) в щелочной пульпе, либо с перекисью водорода (с добавкой ферро- и феррицианида) в слабощелочной среде. Применение перекиси водорода, а также подача аллилового эфира в коллективном цикле флотации позволили повысить извлечение молибденита в конечный молибденовый концентрат с 72,5 до 86,22%.

Технология разделения коллективного концентрата, основанная на применении гипохлорита натрия в сочетании с ферроцианидом, внедрена в 1966 г. на фабрике "Токепала". Применение этой технологии позволило повысить технологические показатели.

После стужения до 50–60% твердого в пульпу медно-молибденового концентрата дозируют аполярное масло, гипохлорит и ферроцианид натрия с последующей обработкой пульпы реагентами в течение 10–15 мин в агитационном чане размером 3х3 м.

Гипохлорит натрия применяется для окисления изопропилового ксантогената и ферроцианида натрия в феррицианид. Для обеспечения возможности протекания этой реакции оба реагента смешивают до подачи в агитационный чан. Это очень важно для эффективной

депрессии сульфидов меди и железа. Реагент дозируют в виде раствора, содержащего 5-6 г/л гипохлорита натрия.

После обработки этими реагентами пульпа поступает в распределитель, куда дозируется концентрированная серная кислота для сдвигания pH 7-8,6. Контроль дозировки pH пульпы осуществляется автоматически.

В качестве собирателя молибденита применяется аполлярное масло, подающееся в агитационный чан, и в небольших количествах - в первую и вторую перекистки и мельницу доизмельчения.

Депрессия медных минералов с применением реагента ноукс производится на фабрике "Чино" (США). Коллективный медно-молибденовый концентрат проходит сгущение и пропарку при 93°C с последующей репульпацией до содержания 15-20% твердого, а затем обработку реагентом ноукс.

При флотации молибденита собирателем служит нефтяное масло (185 г/т коллективного концентрата), вспенивателем - метилэзобутилкарбинол (22 г/т) [33].

На фабрике "Сипалей" (Филиппины) разделение медно-молибденового концентрата производится после пропарки с применением реагента ноукс и сернистого натрия для депрессии медных минералов. Собиратель молибденита - керосин.

На фабрике "мишен" (США) разделение сульфидов меди и молибденита основано на использовании в качестве депрессора медных минералов сульфида и гидросульфида натрия - по 1,8 кг/т коллективного концентрата. Собирателем в основной молибденовой флотации служит эмульсия углеводородного масла - 27 г/т коллективного концентрата [34].

На фабрике "Бренда" (Канада) эффективное разделение медно-молибденового концентрата производится с применением кислого сернистого натрия. На фабрике перерабатывается руда, содержащая 0,22% меди и 0,065% молибдена. Основные полезные минералы - халькопирит и молибденит.

После трехстадийного дробления и двухстадийного измельчения до крупности 50%-200 меш слив гидроциклонов с содержанием 35% твердого самотеком направляется в цикл коллективной медно-молибденовой флотации, осуществляемой в четырех параллельных нитках машин Аджитэйр № 120.

Коллективный концентрат после перекисток направляют в цикл разделения. Первоначально разделение медно-молибденового концентрата осуществляли с применением пропарки и реагента ноукс как депрессора медных минералов. В дальнейшем было установлено, что более эффективно процесс разделения проходит при использовании

в качестве депрессора кислого сернистого натрия, причем пропарки в данном случае не требуются. Кроме того, начато применение цианида натрия в роли депрессора и реагента синтеза - собирателя молибденита. В молибденовой флотации вспенивателями служат метил-изобутилкарбинол и сосновое масло.

Черновой молибденовый концентрат после одной перерешетки доизмельчается в шаровой мельнице, работающей в замкнутом цикле с гидроциклоном, а затем проходит три перерешетки. Концентрат третьей перерешетки подвергают второй стадии доизмельчения с последующими семью перерешетками.

Получаемые на фабрике концентраты содержат: медный - 20,5% меди при извлечении 88%; молибденовый - 56% молибдена при извлечении 82%.

На фабрике "Бренда" предполагают получать в среднем 200 т в сутки медного концентрата и 20-25 т молибденового [35].

На чилийских фабриках "Чукикамата" и "Эль-Сальвадор" для разделения медно-молибденовых концентратов разработан процесс "Анимол Д" (по названию реагента "Анимол Д" - депрессора меди, представляющего собой тиоарсенат натрия).

Ранее разделение медно-молибденового концентрата на этих фабриках производилось с депрессией медных минералов реагентом ноукс. В процессе применения этого реагента был обнаружен ряд недостатков: приготовление реагента было весьма опасным для обслуживающего персонала; получаемый молибденовый концентрат содержал большое количество фосфора (0,015%).

Применение анимола Д устранило перечисленные недостатки. На фабрике "Эль-Сальвадор" анимол Д подается в количестве 10 кг/т коллективного концентрата в первые 4 камеры основной молибденовой флотации, где происходит кондиционирование с реагентами; на фабрике "Чукикамата" - 9 кг/т [36].

В связи с тем, что предъявляются жесткие требования к содержанию в товарных молибденовых концентратах вредных примесей, на ряде фабрик получает распространение выщелачивание окончательных молибденовых концентратов с целью удаления из них меди и других цветных металлов ("Эль-Сальвадор", "Чукикамата", "Колон" в Чили, "Бренда" в Канаде).

На фабрике "Эль-Сальвадор" выщелачивание меди цианидом натрия производится в четырех чанах при непрерывном перемешивании и температуре 85°C, создаваемой подогретым паром и поддерживаемой в течение нескольких часов. В результате процесса выщелачивания содержание меди в молибденовом концентрате снижается до 0,2%.

Технологические показатели работы фабрик, перерабатывающих медно-молибденовые руды

Страна, фабрика	Производительность фабрики, тыс. т/сутк.	Содержание в руде, %		Содержание в одноименном концентрате, %		Извлечение в одноименный концентрат, %		
		меди	молибдена	меди	молибдена	меди	молибдена	
							в концентрате	общее от руды
США								
Артур и Магна.....	100,0	0,78	0,036	28	51	90	70	56
Сперрита.....	76,5	0,35	0,036	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Моренси.....	52,5	0,69	0,009	22-23	48,6	84	н.д.	н.д.
Сан Мануэль.....	37,8	0,83	0,012	30	55,5	88	70	55
Пима.....	27,0	0,64-1,0	н.д.	25-28	54	90-91	н.д.	н.д.
Мишен.....	22,7	0,8		29		86		
Инспирейшн.....	22,5	0,91	0,012					85
Макгил.....	20,0	0,78	0,012					
Чино.....	20,0	0,88	0,01	20-25	51,6	80	85	70
Минерал Парк.....	13,5	0,5	0,018	22-25		85		
Эсперанца.....	13,5	0,71	0,012	25	58,5	86	90	72
Силвер Белл.....	9,0	0,9	0,018	31	51	83	57	47
Багдад.....	5,4	0,71	0,024					
Твин Бьютс.....	27,0	0,88	0,03	32-33	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.

Продолжение табл. II

Страна, фабрика	Производительность фабрики, тыс. т/сутки	Содержание в руде, %		Содержание в одноименном концентрате, %		Извлечение в одноименный концентрат, %		
		меди	молибдена	меди	молибдена	меди	молибдена	
							в концентрате	общее от руды
КАНАДА								
Бетлехем.....	13,7	0,52	0,05-0,1	36,8	51	83,4	н.д.	65
Геспе.....	10,1	1,01	0,008	28-29	57-58,2	95	н.д.	48,9
Брендэ.....	21,6	0,22	0,065	20,5	56	88	н.д.	82
Лорнекс.....	34,0	0,427	0,014	28-30	н.д.	92	н.д.	65
ЧИЛИ								
Эль-Сальвадор....	25,0	1,0-1,4	0,024	48,9	57,7	80-общей, 98-сульфидной	92,5	52,53
Чукикамета.....	54,0	1,6	0,066	50,0	50,0	90	н.д.	н.д.
Рио-Бланко.....	9,0	1,98	0,02	30	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Сью-Элл.....	31,5	1,66	0,042	33,5	55,2	83,5	н.д.	н.д.
Колон.....	25,0	1,66	0,042	29,0	н.д.	83,5	н.д.	н.д.
ПЕРУ								
Токепяла.....	36,5	1,29	0,019	32	51	н.д.	60	37

На фабрике "Бренд" выщелачивание горячими растворами хлоридов кальция и железа позволило снизить содержание меди в молибденовом концентрате с 0,3 до 0,1% и менее, железа - с 0,5 до 0,05%, содержание кремнезема составило менее 1%.

На ряде фабрик, перерабатывающих медно-молибденовые руды, разработаны схемы с выделением самостоятельного пиритного концентрата из хвостов перечистки коллективного медно-молибденового концентрата ("Чукикамата", "Колон").

На фабрике "Чукикамата" хвосты трех перечисток коллективного концентрата поступают на контрольные операции, хвосты которых подвергаются классификации в батареях из 12 гидроциклонов Кребса диаметром 254 мм и направляют в цикл доизвлечения пирита.

В контактный чан перед основной пиритной флотацией добавляют серную кислоту для снижения pH до 7,5, а также пенообразователь и собиратель.

Основная пиритная флотация на каждой секции производится в двенадцати, а перечистка - в четырех флотокамерах Аджитэйр № 48. Пиритный концентрат сгущают до 40% твердого в сгустителе диаметром 12,2 м и фильтруют на четырехдисковом фильтре [16].

Обогатительные фабрики, перерабатывающие медные порфиновые руды, работают с получением медного концентрата, содержащего 20-36% меди при извлечении 80-95%, и молибденового концентрата, содержащего 48-58% молибдена при извлечении от руды 52-85% (табл. II).

Сульфидные монометаллические медные руды

Обогащение сульфидных медных руд производится в основном в Канаде, а также США и ряде других стран; в США - на крупных обогатительных фабриках - "Бьютт" (на двух секциях) производительностью 38 тыс. т/сутки; "Нью-Корнелия" - 29; "Уэйт Пайн" - 26,6; "Коппер Квин" - 18; в Канаде - на фабриках небольшой производительности, наиболее крупными из которых являются: "Гренайл" - 5,85; "Краймонт" - 4,5; "Гранджок" - 3,6; на Филиппинах - "Филекс" 5,4 и "Лепанто" - 2,7; в ЮАР - "Мессина" - 5; в Австралии - "Маунт Айза" № I - 7,6 тыс. т/сутки.

В Канаде большая часть медных месторождений относится к типу магматических колчеданных. Медь в руде в основном представлена халькопиритом, однако руды некоторых месторождений содержат борнит и халькозин. В перерабатываемых рудах с пиритом часто ассоциируют золото, серебро и металлы платиновой группы.

В США месторождения медных сульфидных руд относятся к типу медистых песчаников ("Уэйт Пайн") или к типу медных порфиновых

("Нью-Корнелия"). Основные медьсодержащие минералы в рудах - халькопирит, халькозин, борнит.

Флотационное обогащение медных руд производится по разветвленным технологическим схемам. Распространено применение доизмельчения грубых медных концентратов или промпродуктов (фабрики "Гренайл", "Эйбро", "Гранджок", "Чибогамо" - Канада; "Лавендер", "Нью-Корнелия", "Уэйт Пэйн", "Иерингтон" - США; "Клейн Ауб" - Юго-Западная Африка; "Эртсберг" - Индонезия.

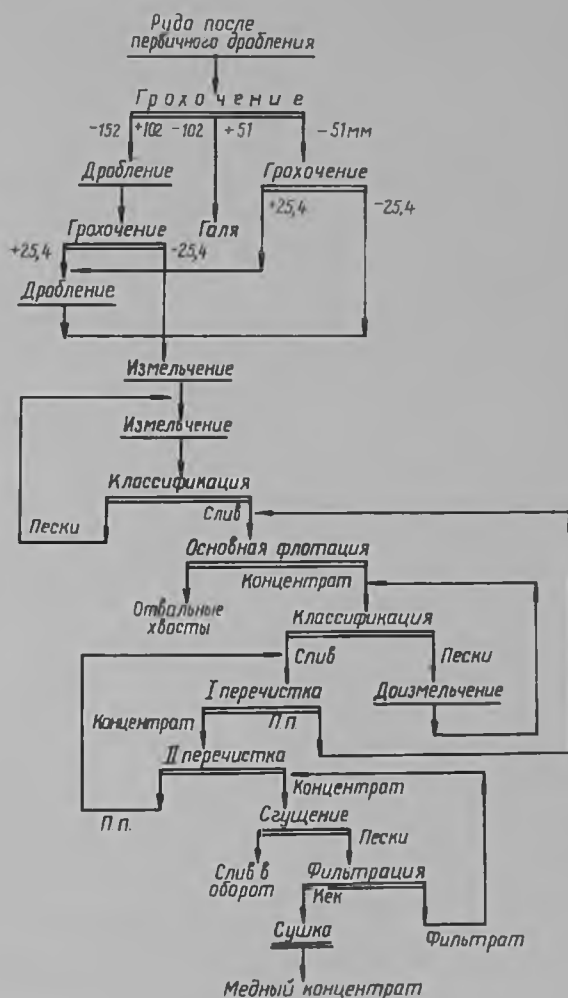


Рис. 4. Технологическая схема обогащения медной руды на фабрике "Гранджок"

На фабрике "Гренайд", введенной в действие в 1966 г., схема флотации включает основную операцию и три перечистки с получением концентрата, содержащего 30-40% меди. Промпродукты после доизмельчения подвергаются флотации с направлением концентратов на перечистку вместе с черновым концентратом основной операции (рис. 4).

На строящейся в Индонезии фабрике "Эртсберг" технологическая схема предусматривает основную флотацию, две перечистные и одну контрольную; доизмельчение промпродуктов контрольной и первой перечистки в мельнице рудногалечного измельчения размером 2,7х4,2 м (рис. 5). Предусмотрена также возможность использования для доизмельчения концентрата шаровой мельницы размером 2,1х3,6м.

На кубинской фабрике "Матахамбре" производятся две основные флотации, концентраты которых объединяются и подвергаются двум перечисткам.

На фабрике "Тайрон", США, схема обогащения включает первичную флотацию с доизмельчением грубого концентрата в четырех шаровых мельницах размером 2,4х3,66 м с последующими его двумя перечистками.

Применение доизмельчения черногового медного концентрата на фабрике "Лавендер" позволило повысить содержание меди в конечном концентрате на 4%.

На фабрике "Мессина" (Сев. Трансвааль, ЮАР) перерабатываются медные руды жильного месторождения, содержащие 1,17% меди. Основные медные минералы в руде - халькопирит, борнит и халькозин; пустая порода представлена в основном кварцем.

Измельчение производится в две стадии: в четырех стержневых мельницах размером 1,8х3,6 м, переоборудованных в шаровые, и двух шаровых размером 1,5х3,66 м. Каждая мельница работает в замкнутом цикле с гидроциклонами. Управление процессом измельчения автоматическое.

Слив гидроциклонов с содержанием 15% класса плюс 35 меш, 55% класса -35+200 меш и 30% класса минус 200 меш поступает в основную медную флотацию, хвосты которой подвергаются контрольной флотации с выделением отвалных хвостов. Первичный концентрат дважды перечистают с получением готового медного концентрата. Хвосты перечисток разделяют на пески и шламы в гидроциклоне с возвращением песков на доизмельчение в шаровую мельницу, а слива - в основную флотацию.

Процесс флотации проводится при pH 10 с применением реагентов, г/т: извести - 150, изопропилового ксантогената - 45, амил-



Рис. 5. Технологическая схема обогащения медной руды на фабрике "Эртсберг"

вого ксантогената - 60, соснового масла - 7,5, вспенивателя-три-этоксисибутана - 17,5.

Для флотации применяются пневматические флотомашины Форестер и механические Денвер № 24.

Готовый медный концентрат стужают, фильтруют на барабанном фильтре до содержания в нем влаги 9%, а затем направляют на пирометаллургическую переработку. Конечный медный концентрат содержит 35-38% меди при извлечении 92% [37].

Но чаще восток переработка медных сульфидных руд осуществляется по процессу окислительного выщелачивания.

На фабрике "Виргасили", Финляндия, перерабатываемой сульфидной рудой с содержанием 5,7% меди, основная флотация ведется при pH 10,5 с подложной известью, амидного ксантогената и основного масла. Полученный медный концентрат содержит 26% меди при извлечении 97,8%.

На фабрике "Наспикито", США, производительность 2700 т/сут., шлак в нейтральности которой вымочен на 1971 г., предусмотрено переработать сульфидную руду с содержанием меди 0,7%. Основной медный концентрат в руде - халькозин. Схема переработки включает доуточивание арбузины, одноступенчатое извлечение в шаровой мельнице плавком 8,6х4,57 м в замкнутом цикле с гидрочишлованами, обдирочной и контрольной флотации с одной перещисткой концентрата.

На фабрике производится получение медного концентрата, содержание меди 40% меди [38].

При флотации медных руд на фабриках капиталистических стран применяются реагенты: окислительные (табл. 12).

Из данных поперестройки получены амидный и изопропиловый ксантогенат и реагент Z-200 при среднем удельном расходе соответственно 16,25 и 7 г/т руды. В целом средний удельный расход реагентов-обдирочных составляет 35-37 г/т.

На многих фабриках в качестве реагентов-собирателей применяются окислительные амидного ксантогената с изопропиловым (фабрики "Чибогемо", "Дикинстайр", "Морилл", "Ильв Купервел", "Норанда", "Миссония", "Антик" и др.) и амидного ксантогената с Z-200 ("Англо-Руен", "Брайнекс", "Тренейл", "Феникс", "Обризон" и др.). Иногда для медных руд перерабатывают по крайней мере с двумя собирателями и вспенивателями.

В качестве вспенивателей в основном применяют синтетические спиртовые вспениватели метилэтилкетилкарбинол, доуфрос, аэрофрос. Средний удельный расход метилэтилкетилкарбинола составляет 13 г/т, основного масла - 20 г/т. В целом средний удельный расход вспенивателей - 20 г/т (см. табл. 12) [39].

Фабрики США и Канады, перерабатывающие медные сульфидные руды, проводят с высокими технологическими показателями и получают медный концентрат с содержанием меди в среднем 25-27% при извлечении 97-98% (табл. 13) [39].

Таблица 12

Расход реагентов на медных фабриках, г/т

Страна, фабрика	Собиратель	Вспениватель	Прочие реагенты
КАНАДА			
Англо-Руен.....	Амидный ксантогенат - 11, Z-200-11,5	Метилэтилкетилкарбинол - 3,8	Известь - 750
Атлантик Боуст..	Ксантогенат-24, аэрофлот 238-19, меркаптобензотриазол - 12	Метилэтилкетилкарбинол - 19	Цианид -10,5, известь - 960
Брайнекс.....	Z-200-18,5; амидный ксантогенат - 7	Ф-70-11	Цианид -9,6, известь - 675
Чибогемо.....	Амидный ксантогенат -15,5, изопропиловый ксантогенат - 7,5; Z-200-2, аэрофлот 208 - 2,5	Сосновое масло - 32	Известь - 815, цианид - 3,5, катализатор - 2
Консолдейтед... Краймонт.....	Амидный ксантогенат - 65 Z-200-1, аэрофлот 242-12,5	Метилэтилкетилкарбинол-5,5 Сосновое масло -3	Известь - 1150, цианид -1 Известь -625, катализатор - 3
Феникс.....	Аэрофлот 238-18,5	Сосновое масло -26,5	Известь - 250, цианид - 6,5, CASi - 5
Тренейл.....	Z-200-7,5, амидный ксантогенат - 3	Метилэтилкетилкарбинол-15	Известь - 200

Страна, фабрика	Собиратель	Вспениватель	Прочие реагенты
Голбридж	Z-200-12, собиратель - 32	Метилизобутилкарбинол-3	Известь -727, цианид -3,5 R-620-4
Джэймелэнд.....	55	70	Известь - 2500, цианид -5, цинковый купорос - 150, медный купорос - 400
Мэнтиту Барвю.... Макинтайр.....	Ксантогенат -I,3, Z-200-II Z-200-2I, амилловый ксантогенат - 3, изопропиловый - 15	Метилэмиловый спирт - 10,5 Метилизобутилкарбинол - 9	Известь -211, цианид -16,5 Известь -395, цианид - 18
Мерилл.....	Смесь амиллового ксантогената с изопропиловым - II	-	Известь -530, цианид - 17
Нью-Империял....	Изопропиловый ксантогенат - 10, амилловый ксантогенат - 10	Метилизобутилкарбинол - 75	Известь - 30
Норандэ.....	Амилловый ксантогенат - 110, изопропиловый ксантогенат -75	Сосновое масло - 55	Известь - 6985, кальцинированная сода - 3440, цианид - 1242,5, медный купорос - 150, цинковая пыль - 21,5
Олемиска.....	Z - 200-I4, смесь изопропилового ксантогената с меркаптобензотиазолом - 23	Триэтоксидбутан - 15	Известь - 1020, MCL- 3,5

Страна, фабрика	Собиратель	Вспениватель	Прочие реагенты
Рио Алгом.....	Z- 200, Z-208 -30	F-70-5	Известь -5
Шеридэн.....	Z-200 и амилловый ксантогенат	F-70-6	Известь - 590
Беавер.....	Ксантогенат 30I-16,5	Сосновое масло - 2I	Известь -1911, цианид - 392,5
Трайбег.....	90	Доуфрос -30	Известь -500
<u>ИНДОНЕЗИЯ</u> Эртсберг.....	Амилловый ксантогенат, Z -200	Сосновое масло	
<u>ПЕРУ</u> Кобриза.....	Z-200-37,5; изопропиловый ксантогенат - 2I	доуфрос - II	Известь -1030, цианид -8, цинковый купорос - 35
<u>ЮЖНО-АФРИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА</u> Мессина.....	Амилловый ксантогенат -60, изопропиловый ксантогенат - 45	Сосновое масло -7,5, триэтоксидбутан - 17,5	Известь - 150
<u>ЮГО-ЗАПАДНАЯ АФРИКА</u> Клейн Ауб.....	Изопропиловый ксантогенат - -88	Триэтоксидбутан - 2	Известь -550, кислый сернистый натрий

Страна, фабрика	Собираетель	Вспениватель	Прочие реагенты
<u>ФИЛИППИНЫ</u> Кеннон..... ШВЕЦИЯ Айттик.....	Аэропромотор 350I-II, 4-13, 6 Амиловый ксантогенат - 40, пальмовое масло - 40, изопро- пиловый ксантогенат - 5	Вспениватель 965- 97 - 150	Известковое молоко - 2720 Известковое молоко, серная кислота
<u>США</u> Бьютт..... уэйт Пайн...	Этиловый ксантогенат -II, Z-200-6 Изопропиловый ксантогенат - 90	Амиловый спирт - 18, сосновое масло - I Сосновое масло - 45, нефть - -220, доуфрос - II	Известь -5500, ферро- фосфат - 18 Известь -1800-2200, мие- рек -60, сепаран - 0,05, реагент 249-7 в.д.
Туксон..... <u>ФИНЛЯДИЯ</u> Виртасялми...	Этиловый ксантогенат - 12, 5, амиловый ксантогенат - 2, 5 Амиловый ксантогенат - 30	Спиртовой вспениватель -5 Сосновое масло -40	Известь - 500

Т а б л и ц а 13

Технологические показатели работы медных фабрик

Страна, фабрика	Производи- тельность фабрики, тыс. т/сут- ки	Содержание меди, %		Извлечение меди в концен- трат, %
		в руде	в концен- трате	
<u>КАНАДА</u>				
Англо-Руен	0,81	1,85	28	96,5
Атлантик...	0,9	1,3	29,3	95,73
Брейнекс...	2,16	1,0	27	94,2
Чибогамо ..	3,06	1,63	22,1	94,2
		1,023 г/т Au, 7,13 г/т Ag		82,4 Au, 74,7 Ag
Коуст Коппер	0,738	н.д.	30	95,9
Консолидей- тед Рамбле	1,8	1,0	27,97	94
Краймонт..	4,5	1,2	27	84,6
Феникс.....	2,16	0,74	25,48	88,4
Гренэйл....	5,85	0,6	32	94,43
Голбридж...	1,8	1,28	24,06	89
Джэймеланд	0,495	н.д.	19	93,6
Макинтайр..	1,98	н.д.	27,57	92,6
Маниту Барвю	0,72	0,556	30,4	92,6
		1,12 г/т Au, 3,11 г/т Ag		
Мерилл.....	0,585	2,16	27,33	96,9
		0,75 г/т Au, 17,7 г/т Ag		
Нью Империл	2,25	1,0	30	93
Норанда....	2,88	1,9; 5 г/т Au	н.д.	95; 75 Au
Олемиска...	2,02	2,61	24,3	95,9
		0,53 г/т Au, 11,5 г/т Ag		
Рио-Алгом..	0,72	1,9	26	96,5
Шеридан ...	0,63	1,5	45,11	96,89
Трайбег.....	0,36	2,1	31	96
Безвер.....	0,18	1,3;	25,8	95,5
		0,73 г/т Au		93,5 Au
Грандук.....	3,6	1,73	28-30	95
Чарчил.....	0,7	3,4-5,1	30	90
Эйбро.....	1,8	0,79	25	н.д.

Страна, фабрика	Производи- тельность фабрики, тыс. т/сут- ки	Содержание меди, %		Извлечение меди в кон- центрат, %
		в руде	в концентрате	
<u>США</u>				
Гайрон...	22,5	0,80-0,94	20-30	н.д.
Литтл Чиф ФИЛИППИНЫ	2,25	1,41	н.д.	95,0
Кеннон...	1,8	0,4-0,63	25,39	н.д.
		0,62 г/т Au, 9,4 г/т Ag	7 г/т Au, 47 г/т Ag	
Лепвито..	3,0	2,9	30	92,7
		3,7 г/т Au, 15,55 г/т Ag		
Кобриза (Перу)	1,215	2,2	23	н.д.
Мессина (Южно- Африкан- ская Рес- публика)	5,0	1,17	35-38	92
Клейн Ауб (Юго-Запад- ная Африка)	0,77	2,5	53	91,5
Айтик (Шве- ция).....	7,0	0,5	28-31	90
Акжут (Мав- ритания)..	10 тыс. т в месяц	2,5-2,7	22	н.д.
Виртасалми (Финляндия)	200 тыс. т в год	0,7	26	97,3

Медно-цинковые руды

Обогащение медно-цинковых руд производится в Канаде на 15 сравнительно небольших фабриках общей производительностью около 30 тыс. т руды в сутки: "Джеко" - 3600, "Британия" - 2700, "Маттагами" - 3465, "Фокс" - 2700, "Пуарье" - 2250 т в сутки; на трех фабриках Финляндии - "Пихасалми" производительностью 1620 т, "Керетти" - 1350 т и "Луиконлахти" - 500 т руды в сутки; в США на двух старых фабриках - "Лондон" и "Магма"; на фабрике "Контти-

ненталь" производительностью 2700 т/сутки, введенной в действие в 1967 г., и на пущенной в 1968 г. фабрике "Пенобскот" - 405 т/сутки; в Японии на 10 фабриках, в том числе "Иосино" производительностью 12 тыс. т в месяц, "Камикита" - 13 тыс. т, "Осаридзава" - 63,3 тыс. т, "Каваяма" - 24 тыс. т и на введенной в 1969 г. фабрике "Фунва" - 60 тыс. т в месяц.

Основная масса руд, перерабатываемых в Канаде и Финляндии, представлена массивными сульфидными рудами; основные сульфидные минералы в них - халькопирит, сфалерит, пирит и пирротин. Содержание меди в руде 1-4%, цинка 2-6%.

Введенные в последние годы фабрики Канады перерабатывают богатые по цинку руды: "Орчен" - с содержанием цинка 10,8%, "Зенмак" - 17%. На фабриках "Батл" и "Учи" будут перерабатывать руды с содержанием цинка 9-14%.

В Японии перерабатывают руды жильного типа, пустая порода в которых представлена кварцем (фабрика "Осаридзава"), и так называемые "черные руды", содержащие сфалерит, галенит, халькопирит, барит, пирит и тетраэдрит. Черные руды "куроко" трудно-обогатимы, характеризуются исключительно тонкой вкрапленностью полезных минералов и сложным вещественным составом.

Наибольшее распространение при обогащении медно-цинковых руд в Канаде и Финляндии нашла схема прямой селективной флотации с получением медного, цинкового, а на ряде фабрик и пиритного концентратов; по схеме прямой селекции работают и введенные в действие в Канаде в 1970 г. обогатительные фабрики "Джемисон" и "Фокс" (рис. 6).

Японские медно-цинковые фабрики работают в большинстве своем с применением коллективно-селективных схем с получением медного, цинкового и пиритного концентратов. На фабрике "Мотояма" руду предварительно обогащают в тяжелых суспензиях.

Фабрика "Джемисон" производительностью 500 т в сутки перерабатывает медно-цинковые руды с содержанием 2,6% меди и 4,6% цинка.

Дробленая руда измельчается в две стадии в шаровых мельницах 2745x2745 и 1525x2440 мм. Разгрузка мельниц первой стадии поступает на двухстадийную классификацию в гидроциклонах диаметром 381 мм. Пески гидроциклонов второй стадии классификации доизмельчаются в шаровой мельнице, работающей с ними в замкнутом цикле.

Слив гидроциклонов крупностью 85% класса минус 200 меш является питанием основной медной флотации.

Схема флотации - прямая селективная с получением медного и цинкового концентратов. Флотация производится по разветвленной

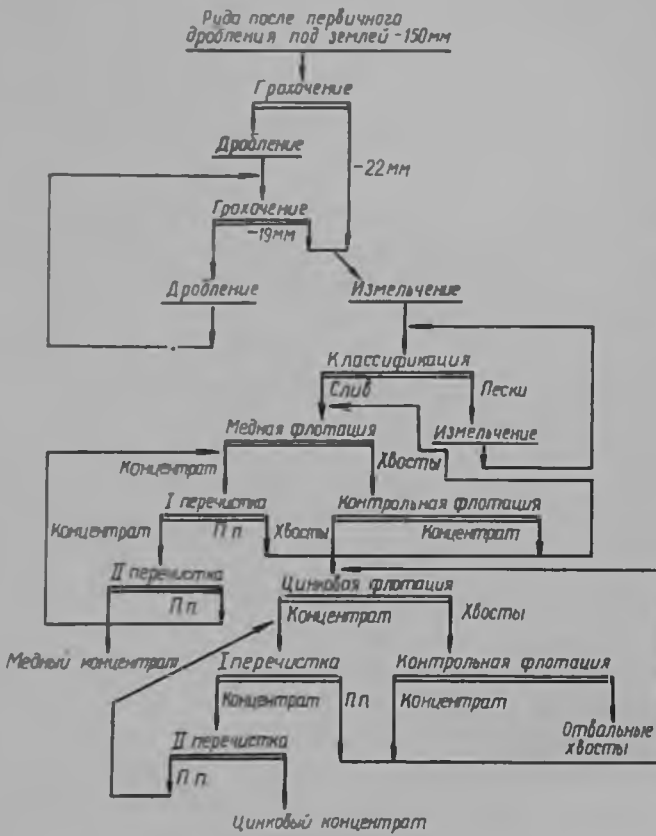


Рис. 6. Технологическая схема обогащения медно-цинковой руды на фабрике "Фокс"

схеме. Медный цикл включает две основные флотации, две контрольные и обработку промпродукта в отдельном цикле.

Концентрат первой основной флотации и концентрат перерешетки промпродукта основной флотации являются готовым медным концентратом и направляются на сгущение и фильтрацию.

Хвосты второй контрольной медной флотации служат питанием цинкового цикла, включающего три основные флотации, контрольную и две перерешетки цинкового концентрата.

Концентрат первой основной цинковой флотации после двойной перерешетки направляется на сгущение и фильтрацию; концентраты второй и третьей основных операций возвращаются в голову цинкового цикла.

В процессе флотации расход собирателей составляет 95 г/т, вспенивателя - 30 г, цианида - 5 г, извести - 1375 и медного купороса - 375 г/т руды.

Получаемый на фабрике медный концентрат содержит 19,47% меди при извлечении 89,3%; цинковый концентрат содержит 52,88% цинка при извлечении 74,2% [40].

В качестве реагентов-собирателей при флотации медно-цинковых руд наибольшее распространение в Канаде и Финляндии получили амилловый ксантогенат, являющийся более эффективным собирателем труднообогатимых руд, или сочетание амилового и изопропилового ксантогенатов.

В 1970 г. с амилловым ксантогенатом перерабатывалось 60% общего количества руд. Уменьшилось применение реагента Z-200 до 10% общего количества. В целом средний удельный расход собирателей снизился с 51,4 г/т руды в 1965 г. до 46,9 в 1970 г.

Примерно 50% общего количества руд перерабатывают с применением спиртовых реагентов-вспенивателей. Полностью исключено использование крезилловой кислоты. Удельный расход вспенивателей сокращен в 2 раза - до 25,07 г/т.

В качестве депрессора более широкое распространение в настоящее время получил сернистый газ - 30% общего количества руд; применение сульфита натрия снизилось до 10% общего объема.

Удельный расход реагентов-модификаторов составляет, г/т: цианида - 39,4, извести 1429, соды - 1153, медного купороса - 297, цинкового купороса - 118, сульфита натрия - 429,6 и сернистого газа - 83,4 (табл. 14) [39].

За последние годы и на построенных ранее, и на новых медно-цинковых фабриках проводятся большие работы по автоматизации технологических процессов на основе использования автоматических рентгеновских анализаторов.

На обогатительной фабрике "Маттагами" (Канада) для анализа продуктов обогащения установлен рентгеновский квантометр, определяющий содержание меди, цинка и железа, а также плотность пульпы в восьми потоках.

Полный цикл анализа восьми проб занимает менее 20 мин. Квантометр может принимать до 15 потоков и анализировать одновременно 8 элементов. Использование на фабрике автоматического анализатора обеспечило повышение содержания цинка в концентрате на 1,2% при том же извлечении и дало годовую экономию эксплуатационных расходов по контролю технологического процесса в размере 14 тыс.долл. [41].

Страна, фабрика	Собиратель	Вспениватель	Прочие реагенты
КАНАДА			
Британия	Амиловый ксантогенат-25	Сосновое масло - 35	Известь - 145, сода - 55, медный купорос - 145, цинковый купорос - 40, цианид - 25
Джеко	Амиловый ксантогенат - 30, изопропиловый ксантогенат - 30	Сосновое масло - 25	Цианид - 95, медный купорос - 150, SO ₂ - 80, ангидрид аммония - 175
Джемисон	95	30	Цианид - 5, известь - 1375, медный купорос - 375
Земнак	Z-200 - 12,5	75	Медный купорос - 775, аэрозоль - 15, нелколит - 2
Кэм-Котив	Амиловый ксантогенат - 55	Спиртовой - 70	Цианид - 5, известь - 2500, медный купорос - 400, цинковый купорос - 150

Продолжение табл. 14

Страна, фабрика	Собиратель	Вспениватель	Прочие реагенты
Кземонт	Амиловый ксантогенат - 10,5, изопропиловый ксантогенат - 242, аэрофлот 208 - 4,5	Сосновое масло - 95, доуфрос - 250 - 15,5	Цианид - 8,5, цианид кальция - 485, известь - 3036, сода - 2785, медный купорос - 407, SO ₂ - 90, цинковая пыль - 19
Керрети	I80 (амиловый ксантогенат и Z - 200)	85	Известь - 1500
Дэйк Дэфо	Изопропиловый ксантогенат в смеси с меркаптобензотиазолом (реагент 404) - 20-80	Триэтоксибутан - 20-35	Известь - 1650, сода - 750-1200, цианид - 15, медный купорос - 250-750, цинковый купорос - 250, сульфит натрия - 1000
Маттагами	Вторичный бутиловый ксантогенат натрия - 3,7, аэрофлот 208 - 13	Триэтоксибутан - 43,5 Метилизобутилкарбинол - 34	Известь - 750, сода - 1200, медный купорос - 45, суперфлок - 3, гуартек - 14
Норметал	Амиловый ксантогенат - 22,5, аэрофлот 208 - 64,5; аэрофлот 242 - 14	Метилизобутилкарбинол - 62, доуфрос 250 - 12,5	Цианид - 65, известь - 900, сода - 1910, сульфит натрия - 27,5

Страна, фабрика	Собиратель	Вспениватель	Прочие реагенты
Орчен	Вторичный бутиловый ксантогенат натрия - 20, Z-200 - 82,5, верофлот 238 - 28,5	Спиртовой ВНВ - 66,6	Известь - 1520, сода - 567, медный купорос - 857, суаргом - 20
Сизэвр, Япония	Амидовый ксантогенат в смеси с этиловым - 40, Z-200 - 35	Вспениватель № 125 - 35	Известь - 7200, цинковый купорос - 4500, цвевнд - 3000, медный купорос - 350, ферроцианид калия - 3
Пихасалми, Финляндия	Амидовый ксантогенат - 160, изопропиловый ксантогенат - 230	Триэтоксисобутан - 25, основное масло - 25	Известь - 7300, медный купорос - 580, цинковый купорос - 40, ционид - 60, серная кислота - 8600
Керетта	Амидовый ксантогенат - 160, изопропиловый ксантогенат - 230	Триэтоксисобутан - 80	Известь - 4100, ционид - 7, серная кислота - 14300, медный купорос - 450, железный купорос - 650

На фабрике "Фокс" контроль и управление процессом обогащения осуществляют автоматически из центрального диспетчерского пункта, оборудованного инверсионной и пультом управления. Для контроля за процессом транспортировки руды в дробилки второй стадии дробления применяется система замкнутого телевизионного управления.

На фабрике "Джемисон" установлены автоматические пробоотборники на сливах гидроциклонов, в питании сгустителей медного и цинкового концентратов и автоматические рН-метры.

В наиболее широком масштабе используется автоматизация на обогатительной фабрике "Лэйк Дрфо", на которой впервые в Канаде для управления технологическим процессом установлена ЭВМ, работающая в комплекте с рентгеновским анализатором. ЭВМ преобразует и печатает показатели рентгеновского анализатора и на их основе рассчитывает и регулирует расход подаваемых в процесс реагентов и контролирует рН медной флотации. Анализатор производит непрерывный анализ семи продуктов на медь и цинк; применение его значительно облегчило управление процессом и позволило сократить расход реагентов в цинковом цикле [42].

На фабрике производятся контроль и автоматическое регулирование заданной производительности по подаче руды в стержневую мельницу, плотности пульпы в первой межцикловой флотации и плотности слива гидроциклона во второй стадии измельчения; автоматически измеряется рН пульпы перед основной медной флотацией, рН хвостов основной цинковой флотации и отвальных хвостов; непрерывно измеряется температура питания основной медной флотации. С 1966 г. на фабрике применяется звуковой контроль загруженности мельниц рудой; для регулирования плотности питания гидроциклонов устанавливается гамма-плотномер. В дальнейшем предполагается разработать программу, в соответствии с которой ЭВМ будет выдавать значения параметров для звукометрического регулятора работы мельниц и регулятора плотности пульпы в зависимости от удельного веса измельчаемой руды.

Проводимые на фабрике работы по автоматизации обеспечили повышение извлечения на 0,5-1% и позволили снизить расход реагентов. Общий экономический эффект от внедрения систем автоматизации, по предварительным расчетам, составит 288-720 тыс.долл. и позволит получить дополнительно металлической меди на 54-109 тыс.долл., цинка - на 17,5-35 тыс.долл.

На фабриках "Похасалии" и "Керетти" установлена и успешно применяется система автоматического контроля содержания металлов и плотности пульпы в продуктах обогащения - "Курьер 300".

Система "Курьер 300" включает оборудование для отбора проб,

Технологические показатели работы медно-цинковых фабрик

Страна, фабрика	Год	Производи- тельность, тыс. т/сутки	Содержание в руде, %		Содержание в од- ноименном концент- рате, %		Извлечение в одно- именный концент- рат, %	
			меди	цинка	меди	цинка	меди	цинка
КАНАДА								
Британия.....	1970	2,7	1,00	0,3	31,0	62,0	94,0	65,0
Джеко.....	1970	3,6	2,48	4,90	27,1	54,2	94,2	79,6
Фокс.....	1970	2,7	1,74-1,96	2,35-2,70	26,0	51,0	н.д.	н.д.
Кам Котиа.....	1970	2,17	1,00	2,01	20,0	50,0	87,0	62,0
Норметал.....	1970	0,9	1,64	6,71	21,5	51,87	93,1	87,0
Квемонт.....	1970	2,07	0,78	1,96	17,0	52,0	89,6	75,6
Мэттагами.....	1970	3,465	0,58	10,0	20,4	52,7	73,6	90,4
Лэйк Дофо.....	1970	1,13	3,96	8,51	20,0	51,5	95,6	82,2
Орчан.....	1970	1,845	1,0	10,8	16,04	51,86	79,44	90,62
Пуэрье.....	1970	2,25	1,4	2,1	20,0	52,0	92,0	75,0
Джемисон.....	1970	0,517	2,6	4,6	19,47	52,88	89,3	74,2
Зенмак.....	1970	0,135	0,3	17,35	н.д.	52,4	н.д.	92,5
Ист Салливан.....	1965	2,52	0,7	0,5	22,0	52,0	91,0	70,0
Ваузе.....	1965	0,315	3,5	2,5	23,5	50,0	96,0	60,0

Продолжение табл. 15

Страна, фабрика	Год	Производи- тельность, тыс. т/сут- ки	Содержание в руде, %		Содержание в од- ноименном концент- рате, %		Извлечение в одноименный кон- центрат, %	
			меди	цинка	меди	цинка	меди	цинка
ФИНЛЯНДИЯ								
Похасалми.....	1970	1,62	0,8	3,50	22,3	53,8	93,4	92,0
Керетти.....	1970	1,35	3,5	1,0	20,3	47,8	97,5	40,5
ЯПОНИЯ								
Осаридаэва.....	1967	63,28 в месяц	0,98	0,34	26,7	56,4	93	33,6
Сизара.....	1967	н.д.	2,0	0,55	25,2	53,07	н.д.	33-35

рентгеновский анализатор по потоку, представляющий собой собственно рентгеновский спектрометр, электронную секцию для него и вспомогательное оборудование, вычислительное устройство "Оуто-кумпу 316".

На фабрике "Пыхасалми" одна система "Курьер" анализирует содержание меди, другая - цинка и железа в 26 потоках; на фабрике "Керетти" установлена система для определения содержания меди, цинка и железа в продуктах флотации.

Каждая система "Курьер" может анализировать до шести элементов в 14-ти потоках; число потоков может быть увеличено до 28 и 42 присоединением дополнительных блоков оборудования [43]. Обогащительные фабрики работают с высокими технологическими показателями (табл. 15); извлечение меди составляет в среднем по 13-ти фабрикам Канады 88%, цинка - 78,15% [39].

Сульфидно-окисленные и окисленные медные руды

При переработке сульфидно-окисленных руд на обогащительных фабриках применяют гидрометаллургическо-флотационный процесс - выщелачивание, осаждение, флотация и метод флотационного обогащения с применением последовательной сульфидной и окисленной флотации.

Флотационное обогащение окисленно-сульфидных руд осуществляется с применением последовательной сульфидной и окисленной флотации на фабриках стран Африки: "Банкрофт" и "Нчанга" в Замбии, "Камото", "Каканда" и "Кольвези" в Республике Заир, а также Австралии ("Маунт Айза" № 3).

Фабрика "Камото", введенная в действие в 1968 г., работает с производительностью 1,8 млн.т руды в год; в дальнейшем ее предполагается увеличить до 4 млн.т в год.

На фабрике перерабатывают сульфидно-окисленные руды открытой и подземной добычи. Основные медные минералы в руде - халькозин и малахит.

Сульфидная флотация производится во флотомашинах Вемко-Фэггер-грен. Грубый сульфидный концентрат после доизмельчения в мельнице 3,45x4,8 м, работающей в замкнутом цикле с гидроциклоном, подвергается перечистке в машинах Фэггергрен. В сульфидную флотацию подают реагенты - известь (в мельницу до pH 9,2), бутиловый ксантогенат натрия и вспениватели - аэрофрос 77 и триэтоксидутан.

Хвосты сульфидной флотации подвергают сульфидизации с кислотным сернистым натрием и флотируют с подачей амилового ксантогената калия.

Получаемый на фабрике сульфидный медный концентрат содержит 40% меди и 2,5% кобальта; окисленный — 18% меди.

Технологический процесс регулируется автоматически из центрального диспетчерского пункта (расход и плотность пульпы, расход реагентов).

На фабрику "Маунт Айза" № 3 (Австралия), работающую с производительностью 1350 т/сутки, поступают окисленные медные руды, содержащие 2,9% меди. Основные медные минералы — куприт и малахит; в промышленном количестве в руде содержится также халькозин. Пустая порода представлена графитизированными силикатными сланцами.

На флотацию поступает руда крупностью 70% — 200 меш, в измельчение подают бутиловый ксантогенат и жидкое стекло. В первом приеме обогащения производится флотация куприта, полученный купритовый концентрат перемывают в открытом цикле. Хвосты основной флотации объединяют с хвостами перемывки и направляют на классификацию в гидроциклон, песковая и шламовая фракции которого перерабатываются раздельно. Пески поступают на флотацию малахита, которая производится с подачей бутилового ксантогената и кислого сернистого натрия. Малахитовый концентрат после перемывки объединяют с купритовым; объединенный концентрат является конечным медным концентратом фабрики, содержащим 29,1% меди при извлечении 83,2%.

Шламы флотируют в открытом цикле с получением низкосортного медного продукта с содержанием 3,4% меди и с высоким содержанием силикатов. Этот продукт складывается с целью дальнейшего его использования в качестве флюса при плавке [44].

На фабрике "Маркоппер", введенной в действие в 1969 г. и работающей с производительностью 16,3 тыс. т/сутки, перерабатывают смешанные сульфидно-окисленные руды.

Руду добывают открытым способом; на фабрику подаются руды, содержащие в среднем 0,79% меди; в отдельном отвале складываются для последующего кучного выщелачивания руды с бортовым содержанием меди 0,2%.

Для подачи на фабрику руды постоянного состава на руднике практикуют смешивание нескольких сортов руд. Соотношение сульфидной и окисленной меди в руде составляет 10:1. На фабрике принята схема совместной флотации сульфидных и окисленных минералов.

После трехстадийного дробления и двухстадийного измельчения руда поступает на флотацию; применяемые реагенты, г/т: амиловый ксантогенат калия — 60; Z-200 — 25; сернистый натрий 150—1000. Вспениватель — метилизобутилкарбинол. Первичную флотацию производят при pH 9,0, перемывные — II,5. Необходимая щелочность пульпы создается дозировкой извести.

Во флотационном отделении для обработки руды в каждой секции служит одна 16-камерная пневмомеханическая флотомашинa Денвер-400 с объемом камеры 11,3 м³, предназначенная для первичной и контрольной флотаций. Для перечистных флотаций установлены более мелкие пневмомеханические флотомашины.

В процессе обогащения получают медный концентрат с содержанием меди 25-25,5% при извлечении сульфидной меди 87,7%, окисленной 38,3% и общей 83,4%.

Кучное выщелачивание окисленной руды осуществляют с организацией ее складирования на специальной цементированной площадке в отвалы высотой 45 м с последующим их рыхлением путем взрывания небольшими зарядами. В отвалы раствор выщелачивания (рН 2,5) подает, разбрызгивая его через перфорированные трубы. Осаждение меди осуществляют железным скрапом после снятия с него олова. Производительность выщелачивания определяется возможностью расхода для приготовления раствора 45-50 л серной кислоты в минуту.

Общий штат фабрики, включая и установку для выщелачивания, 151 чел.

В себестоимости готовой продукции добыча составляет 11,8%, обогащение 39,4% и выщелачивание 7,16% [45].

На филиппинской фабрике "Исао Пил" производительностью 1250 т/сутки перерабатывается руда с содержанием 2,5% меди; 80% поступающего на фабрику питания состоит из окисленных медных руд, основным минералом которых является хризоколла. После двухстадиального дробления и двухстадиального измельчения до крупности 75% минус 200 меш пульпу подвергают флотации с подачей реагентов, г/т: кальцинированной соды - 800, ксантогената - 300, сернистого натрия - 4000 и пенообразователя 50 - 300 [46].

За последние годы на многих фабриках расширено применение процесса ВОФ, получившего наибольшее распространение в США на фабриках "Бьютт", "Хейден", "Моренси", "Чино", "Инспирейши", "Рей".

Медные руды, перерабатываемые с применением этого процесса, содержат в среднем около 20% окисленной меди, представленной хризоколлой, малахитом, азуритом и купритом. Из руд, содержащих в среднем 0,9 - 1% общей меди, извлекают 80-85% меди.

Кроме фабрики "Бьютт", на которой процесс ВОФ применяется с 1964 г., в последние годы он освоен на многих других фабриках.

На фабрике "Моренси" введена в действие установка для извлечения меди из окисленных руд, ранее поступавших в отвал, с применением процесса ВОФ. Выщелачивание и осаждение производят во вращающихся барабанах, установленных после каждой из шаровых мельниц. Цементная медь объединяется с измельченной сульфидной рудой

и направляется на флотацию. В барабаны для выщелачивания подается известь для создания щелочной среды во флотации. Производство цементной меди на установке составляет 720 т/год.

На фабрике "Хейден" более 25% поступающей на обогащение руды перерабатывают с применением процесса ВОФ, который проводится при следующих оптимальных условиях: на 1 т обрабатываемой руды крупностью -6 мм подаются 1800 кг железа и 3,6 кг серной кислоты. Концентрация раствора в чанах поддерживается в интервале pH 2-2,2. Содержание меди в конечном растворе составляет около 1,2г/л. Цементация производится на губчатом железе, получаемом из пиритного концентрата той же фабрики. С учетом применения процесса ВОФ на фабрике получают медный концентрат с содержанием меди 27,23% при извлечении 84,4% (до применения ВОФ - 65%) и хвосты, содержащие меди 0,19% (до применения ВОФ - 0,42%).

На фабрике "Инспирейшн" (США) вся руда, поступающая на обогащение, перерабатывается по методу ВОФ. Для выщелачивания применяют установку, состоящую из 80 резервуаров.

В 1966 г. фабрика была расширена с увеличением производительности до 18 тыс. т/сутки.

Для удаления цементной меди из чанов применяется шагающий экскаватор, который разгружает цементную медь на новую систему ленточных конвейеров, транспортирующих ее к фабрике на расстоянии 2,24 км.

На фабрике "чино" выщелачивают медь из отвалов с последующей цементацией железным скрелом в конусных цементаторах. Цементный осадок поступает на флотацию.

Приводится сообщение о применении процесса ВОФ для переработки медных сульфидно-окисленных руд района Рэд Бэд в США, содержащих от 10 до 15% окисленной меди. В связи с высоким содержанием в исходных рудах глины и гипса обогащение этих руд методом прямой флотации, в том числе с применением сульфидизации и флотации жирными кислотами и масляными эмульсиями, не дало извлечения выше 70%. Применение усовершенствованного процесса ВОФ, как показали исследования, позволяет получить извлечение меди выше 90% [47].

Кроме перечисленных выше методов, для извлечения меди из бедных сульфидно-окисленных и окисленных медьсодержащих руд применяют выщелачивание из отвалов, бактериальное, кучное, подземное, чановое и автоклавное выщелачивание¹⁾.

¹⁾ См. брошюру Б.В.Синявер, А.А.Цейндлер. "Гидрометаллургия меди", М., ин-т "цветметинформация", 1971.

В США в 1970 г. методом выщелачивания было извлечено 15% полученной в стране меди [9].

Медно-магнетитовые руды

Перерабатываемые медно-магнетитовые руды содержат меди от 0,15% (фабрика "Тексада") до 0,75% ("Тасу", "Весфроб"), железа - от 27% (фабрика "Палабора") до 45% ("Весфроб") (табл. 16).

Таблица 16
Технологические показатели работы медно-магнетитовых фабрик

Страна, фабрика	Производительность фабрики, тыс. т/сутки	Содержание в руде, %		Содержание в одноименных концентратах, %		Извлечение в одноименный концентрат, %	
		меди	железа	меди	железа	меди	железа
КАНАДА							
Тексада.....	4,0	0,15-0,2	41-43	20-25	65%	75	98,5
Тасу.....	10-12	0,75	44,5	20	60	96	98,0
Бенсон Лэйк	0,72	н.д.	н.д.	22	62	н.д.	н.д.
Ковст Коппер	0,738	н.д.	н.д.	30	64	95,9	н.д.
Весфроб.....	5,2	0,75	45	19,5	62	97	94
США							
Корнуэлл....	5,3	0,29-0,31	40-42	25	н.д.	88,5	н.д.
ЮЖНО-АФРИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА							
Палабора....	35,0 ^х	0,68	27	31,62	66-67	78,15	н.д.
ФИЛИППИНЫ							
Филекс.....	5,4	0,6	н.д.	н.д.	65	н.д.	н.д.
Тоledo.....	25,0	0,6	н.д.	30	66,8	91,69	н.д.

^х) В настоящее время производительность фабрики составляет 54 тыс. т в сутки.

Руды, как правило, комплексные, содержат наряду с медью и железом другие ценные компоненты, в том числе цветные и редкие металлы: никель, кобальт, титан и др. Основной медный минерал в перерабатываемых медно-магнетитовых рудах - халькопирит, основной железосодержащий минерал - магнетит.

Медно-магнетитовые руды обогащают по двум технологическим схемам.

Руды с небольшим содержанием магнетита (30–40% железа) и высоким содержанием меди (0,6–0,7% меди) подвергают первичной медной флотации с выделением медного концентрата и направлением хвостов флотации на магнитную сепарацию с получением железного концентрата (фабрики "Гексада", "Палабора", "Филекс", "Толедо", "Бенсон Лейк").

Руды с высоким содержанием железа (40–45%) и низким содержанием меди (0,2–0,3%) сначала подвергают магнитной сепарации, выделяя железный концентрат, а затем хвосты сепарации флотируют с получением после перечисток медного концентрата (фабрики "Корнуэлл", "Грейс", "Бодас", "Тасу", "Сан Николас", "Камвиси", "Весфроб").

На обогатительной фабрике "Палабора" перерабатываемые медно-магнетитовые руды содержат 0,68% меди и 27% железа. На фабрику поступают руды с высоким и низким содержанием титана, перерабатываемые отдельно. Переработка руд с низким содержанием титана ведется на двух секциях, с высоким содержанием титана – на четырех.

Дробленая и измельченная до крупности 53% –200 меш руда поступает на медную флотацию с получением медного концентрата; хвосты флотации проходят магнитную сепарацию с выделением магнетитового концентрата (рис. 7).

До реконструкции флотационное отделение фабрики состояло из пяти секций. В каждой было шесть ниток 18-камерных флотомаши первичной и контрольной флотаций, одна нитка из двенадцати камер для первой перечистки и шести для второй. После реконструкции фабрики в цикле контрольной медной флотации, в дополнение к уже имеющимся пневмомеханическим машинам Аджитэйр, в каждой секции установлено по одной 10-камерной флотомашине Фагергрэн объемом 8,5 м³. Кроме того, на фабрике введена в действие новая шестая секция, оборудованная 25-ю машинами Фагергрэн с объемом камер 8,5 м³.

Для извлечения из руды магнетита на фабрике установлено 18 барабанных магнитных сепараторов Круппа и 8 – Дингс. Окончательный магнетитовый концентрат содержит 66–67% железа. Немagnetитовую фракцию доизмельчают до крупности 70% – 325 меш и направляют на контрольную медную флотацию с возвращением медного концентрата в первичную медную флотацию.

Медную флотацию проводят с использованием амидового ксантогената калия (20 г/т руды) в качестве собирателя и смеси соснового

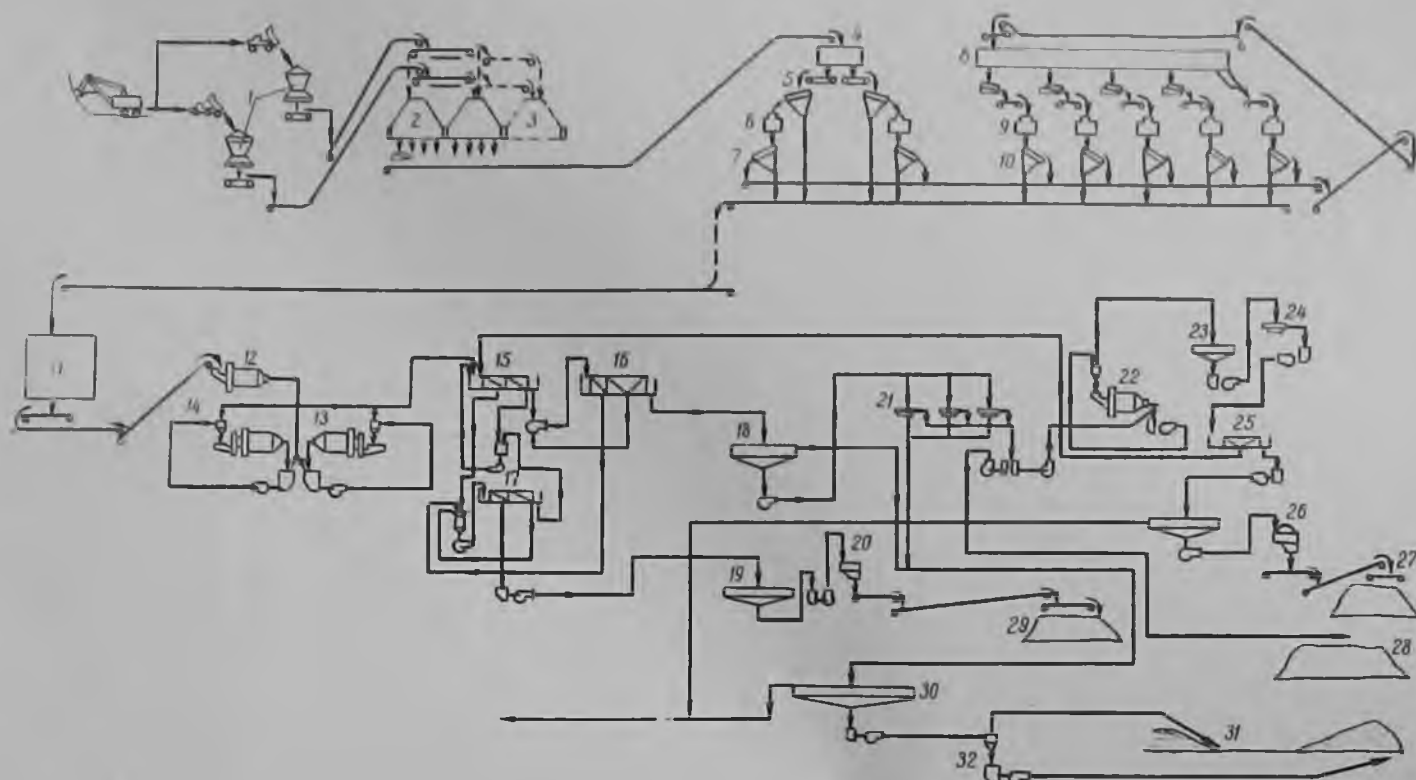


Рис. 7. Схема цепи аппаратов фабрики "Палабора":

1 - гиравционная дробилка Аллис Чалмерс, 1370 мм; 2 - бункер емкостью 30 тыс.т сырой руды; 3 - промежуточный бункер; 4 - бункер крупной дробленой руды; 5 - двухдечный вибрационный грохот Тэйлер, 1,8х4,2; 6 - дробилка Саймонс, 2100 мм; 7 - двухдечный вибрационный грохот; 8 - бункер руды среднего дробления; 9 - короткоконусные дробилки Саймонс, 2100 мм; 10 - однодечный вибрационный грохот Хевитт Робинк, 2,4х6,1 м; 11 - бункер емкостью 10 тыс.т мелкой дробленой руды; 12 - стержневая мельница Аллис Чалмерс, 3,7х5,0 м; 13 - шаровая мельница Марси, 3,7х3,7 м; 14 - гидроциклон, 600 мм; 15 - машины Аджитэйр; 16 - флотомашин Фегергрэн, 8,5 м³; 17 - перечистные камеры флотомашин Аджитэйр; 18 - гидросепараторы, 7,1 м; 19 - сгустители 22,8 м для медного концентрата; 20 - дисковый фильтр, 2,0х2,1 м; 21 - магнитный сепаратор Круппа, 0,9х1,8 м; 22 - мельница доизмельчения Аллис Чалмерс; 23 - гидросепаратор для обесшламливания; 24 - перечистный магнитный сепаратор Дингс; 25 - флотомашин Аджитэйр; 26 - дисковые фильтры, 2х2,4 м; 27 - склад для магнетитового концентрата с низким содержанием TiO₂; 28 - склад для магнетитового концентрата с высоким содержанием TiO₂; 29 - склад для медного концентрата; 30 - сгустители Дорр Оливер, 91,5 м; 31 - площадка для хвостов; 32 - гидроциклон

масла, реагента взро 65 и метилизобутилкарбинола (10 г/т) в качестве вспенивателя. Кроме того, в процесс флотации дозируют реагент 4I (25 г/т) - продукт местной химической промышленности.

Проведенная на фабрике реконструкция позволила увеличить ее производительность с 35 до 54 тыс. т руды в сутки. Несмотря на снижение содержания меди в руде с 0,71 до 0,54%, извлечение повысилось с 81,9% в 1967 г. до 84,39% в 1970 г.

В соответствии с соглашением, заключенным с японскими фирмами, магнетитовые концентраты с высоким и низким содержанием титана должны поставляться отдельно. В связи с этим на фабрике предусмотрено выделение двух концентратов.

Магнетитовый концентрат с высоким содержанием титана, выход которого достигает 15 тыс. т в сутки, пока не нашел промышленного спроса и поэтому складывается в виде дамбы на специальные площадки после классификации в гидроциклонах. Слив гидроциклонов объединяют со сливом сгустителя хвостов медной флотации и используют на фабрике в качестве оборотной воды.

Магнетитового концентрата с низким содержанием титана получают около 3 тыс. т в сутки.

Обслуживающий персонал фабрики составляет 445 человек при общем штате комбината "Палабора" 3016 человек [48].

На обогатительной фабрике "Тасу" перерабатывают руды с содержанием 0,75% меди и до 44,5% железа. Руду обогащают по схеме (рис.8), которая включает три стадии магнитной сепарации с получением магнетитового концентрата, направляемого на производство окатышей. Из хвостов магнитной сепарации флотационным способом извлекают медь.

Руда подвергается трехстадиальному дроблению до минус 16 мм и после каждой стадии дробления поступает на грохочение и магнитную сепарацию. Немagnetную фракцию удаляют в отвал.

Измельчение магнитной фракции осуществляется в двух идентичных секциях до 80% класса минус 325 меш, оборудованных стержневыми мельницами размером 2745x3660 мм и рудногалечными размером 3660x6710 мм.

Рудногалечные мельницы работают в замкнутом цикле с гидроциклонами. Слив гидроциклонов направляют на магнитную сепарацию в четыре трехбарабанных магнитных сепаратора.

Магнитную фракцию подвергают флотации с целью выделения из магнетитового концентрата сульфидов меди, а также пирита и пирротина. Камерный продукт сульфидной флотации представляет собой готовый магнетитовый концентрат, содержащий 70% железа и 0,03% меди, и поступает на производство окатышей. Немagnetную фракцию

барабанных сепараторов сгущают в сгустителе диаметром 61 м и направляют на основную медную флотацию, осуществляемую при pH 9,5 с подачей извести 120 г/т питания медной флотации.

Полученный на фабрике медный концентрат содержит 20% меди при извлечении 96% [49].

В Японии на фабрике "Камаиси" обрабатываемые руды при добыче разделяются на два сорта: собственно железные с содержанием 27% железа и медно-железные с содержанием 27,5% железа и 0,5% меди. На обоих сортах руды получают как железный, так и медный концентраты, но в голове процесса они обрабатываются по разным схемам. Из железной руды при сравнительно крупном дроблении выделяют железный концентрат и только отдельные продукты первичного обогащения направляют на измельчение и последующее извлечение меди флотацией. Медно-железная руда измельчается в голове процесса с последующим выделением меди флотацией из всей массы руды и получением железного концентрата из хвостов медной флотации.

Медно-пиритные руды

Медно-пиритные руды перерабатывают на фабрике "Айтик" (Швеция) производительностью около 7 тыс. т/сутки, "Маунт Лейл" (Австралия) - 5,5; "Авока" (Ирландия) - 2; "Ясо" (Япония) - 570 т/сутки.

Обогащение медно-пиритных руд производится по схеме коллективной флотации с последующим разделением коллективного концентрата на медный и пиритный (фабрики "Айтик", "Ясо") или по схеме селективной флотации с последовательным выделением медного и пиритного концентратов (фабрики "Авока", "Маунт Лейл").

Фабрика "Айтик", расположенная на 50 км севернее Полярного круга, предназначена для переработки около 7 тыс. т в сутки медной руды, содержащей в среднем 0,5% меди и 1-2% пирита. Основной медный минерал в руде - халькопирит; пустая порода представлена гнейсами и сланцами.

Фабрика "Айтик" оснащена оборудованием, поставленным шведскими фирмами "Моргардсхаммер" и "Сала"; широко используются системы автоматического контроля и регулирования технологических процессов.

Добываемая открытым способом руда с использованием экскаваторов с ковшем емкостью 4,5 м³ доставляется автосамосвалами к короткому рудоспуску и по нему самотеком поступает в подземное дробильное отделение. Для первой стадии дробления установлена изготовленная в Швеции гирационная дробилка фирмы "Моргардсхам-

мар" с шириной приемного отверстия 1350 мм производительностью 1500 т в час, работающая с разгрузочным отверстием 200 мм.

Дробилка размещена над бункером дробленой руды емкостью 1000 м³ (1800 т руды). Дробленая руда из бункера поступает в загрузочные воронки шахты глубиной 80 м, по которой ее 16-тонными скипами поднимают на поверхность.

В зимнее время в дробленую руду добавляют 0,7 кг/т хлористого кальция для предохранения ее от смерзания.

Вторая и третья стадии дробления осуществляются в двух параллельных секциях, каждая из которых оборудована стандартной конусной и короткоконусной дробилками размером 2135 мм.

Из руды, поступающей в стандартную конусную дробилку, и из продукта разгрузки этой дробилки выделяется кусковая руда крупностью 40-70 мм на грохотах для использования в мельницах рудного измельчения.

Руда после третьей стадии дробления крупностью минус 20 мм горизонтальным ленточным конвейером подается в бункер, разделенный на две секции по числу секций главного корпуса фабрики. Каждая секция оборудована девятью питателями, подвущими руду на ленточный конвейер, транспортирующий ее в стержневую мельницу фирмы "Моргардсхаммер", в которой осуществляется первая стадия измельчения. Мельницы установлены в открытом цикле с гидроциклоном, слив которого поступает на флотацию, а пески - на вторую стадию измельчения. Расход стержней составляет 400 г/т измельчаемой среды; стержневая загрузка - 48 т.

Вторая стадия измельчения проводится в рудогалечной мельнице размером 4,5x4,5 м фирмы "Моргардсхаммер". Разгрузка этой мельницы поступает в спиральный классификатор, пески которого возвращаются в стержневую мельницу, а слив объединяется с продуктом ее разгрузки и поступает в гидроциклон. Слив гидроциклона направляется в отделение флотации.

Измельчение руды в мельнице рудного измельчения осуществляется до 30% минус 44 мк.

Рудогалечная мельница футерована резиной фирмы "Скега". Галечная загрузка - 40 т. Общий расход рудной гальки составляет только 3-4% от общего количества перерабатываемой на фабрике руды.

В процессе флотации на фабрике "Айтик" получают коллективный медно-пиритный концентрат с последующим его доизмельчением и разделением на медный и пиритный концентраты.

Коллективную флотацию проводят при рН около 7. В качестве вспенивателя используют пальмовое масло (40 г/т), собирателя - амиловый ксантогенат калия (40 г/т).

Первичный коллективный концентрат проходит одну перемычку, концентрат которой направляют на доизмельчение; хвосты перемычки являются отвальными. Доизмельчение коллективного концентрата производится в шаровой мельнице фирмы "Моргардсхаммер" размером 3,25x4,5 м. Расход шаров - 40 г/т. Мельница работает в замкнутом цикле с гидроциклоном, слив которого поступает на медную флотацию.

Питание медной флотации поступает на кондиционирование с известью, pH увеличивается до 12. В медную флотацию подают те же реагенты, что и в коллективную. Первичный медный концентрат после двух перемычек фильтруют. Концентрат контрольной флотации возвращается на доизмельчение.

Хвосты медной флотации стущают в гидроциклоне и направляют в пиритную флотацию, осуществляемую с дозировкой серной кислоты для снижения pH до 8-9. В качестве собирателя в пиритной флотации используют изопропиловый ксантогенат - 5 г/т. Пиритный концентрат после одной перемычки фильтруют. Хвосты пиритного цикла возвращают в цикл коллективной флотации.

Флотация на фабрике "Айтик" производится во флотомешинах фирмы "Сала". Отделения коллективной флотации оборудованы 300 камерами типа BFR емкостью по 4 м³ каждая. Для медной флотации установлено 150 камер типа BFR емкостью 1,5 м³.

Полученные концентраты обезвоживают на барабанных фильтрах, а затем сушат во вращающихся сушилках до содержания в них влаги 3,5%. Такое низкое содержание влаги в концентрате предотвращает его смерзание в зимнее время.

Крупность медного концентрата составляет около 70% класса минус 44 мк, пиритного - около 80% класса минус 44 мк.

Получаемый на фабрике медный концентрат содержит 28-31% меди при извлечении в него меди 90%. Содержание меди в хвостах составляет 0,044-0,048% при содержании в перерабатываемой в настоящее время на фабрике руде 0,37-0,39%.

Получаемый пиритный концентрат содержит 51% серы и 0,1% меди. По существующим в Швеции условиям такое содержание меди в пиритном концентрате считается высоким, и концентрат в настоящее время складывают непосредственно на руднике. При снижении в нем содержания меди до 0,06% предприятие сможет его продать.

Контроль и управление технологическим процессом на фабрике "Айтик" осуществляются из центрального диспетчерского пункта. Фабрику обслуживают два оператора в каждую смену; в дневную смену работает мастер. Всего на фабрике, имеющей производительность 6 тыс. т в сутки, обслуживающий персонал - 22 человека; кроме того, 25 человек занято в лаборатории и конторе.

Отвальные хвосты перекачиваются насосом по трубопроводу диаметром 350 мм в хвостохранилище, расположенное на расстоянии около 3 км [14].

На фабрике "Ясо" (Япония) производительностью 570 т/сутки перерабатывают медно-пиритные руды с содержанием 1,24% меди и 4,29% серы. Обогащение руды - по схеме коллективной флотации с последующим разделением коллективного концентрата на медный и пиритный.

Дробление трехстадиальное до крупности -10 мм. После первой стадии дробления руду промывают в бутаре, затем подают на двухдечный грохот с размером отверстий 10 и 35 мм. Продукт крупностью +35 мм сортируют вручную для выделения отвальных хвостов. Оставшийся после сортировки материал объединяют с продуктом крупностью +10 мм и направляют на вторую и третью стадии дробления.

Продукт крупностью -10 мм объединяют с рудой после третьей стадии дробления и подают в цикл измельчения, которое проводится в одну стадию.

Разделение коллективного медно-пиритного концентрата осуществляется в две стадии. В первой стадии выделяется медный концентрат; хвосты классифицируют в гидроциклоне. Пески гидроциклонов доизмельчают и направляют на вторую стадию разделения для доизвлечения в пенный продукт медных минералов. Концентрат второй стадии разделения объединяется с концентратом первой стадии. Камерный продукт второй стадии разделения представляет собой пиритный концентрат.

На фабрике "Маунт Ллейл" (Австралия), имеющей производительность 5500 т/сутки, перерабатывают медно-пиритные руды, содержащие 0,69% меди. Руда после трехстадиального дробления до -19,6 мм и двухстадиального измельчения до 60% - 200 меш подвергается селективной флотации с получением медного и пиритного концентратов. В медном цикле хвосты перечисток и концентрат контрольной флотации возвращают в первичное измельчение (рис. 9).

С 1963 г. фабрика работает по измененному реагентному режиму: в цикле медной флотации pH увеличено с 9 до 10,5 при увеличении дозировки извести с 1,25 до 1,75 кг/т. Начато применение гранулированного эмилового калия и спиртовых вспенивателей. В результате содержание меди в концентрате увеличилось с 23 до 27%, а извлечение меди в медный концентрат - с 83 до 89%.

В цикл пиритной флотации добавляют кислые рудничные воды для активизации флотации пирита, которая осуществляется с применением этилового ксантогената натрия [50].

На фабрике "Авока" (Ирландия) перерабатывают медно-пиритную руду, содержащую 0,75% меди и около 10% серы. Фабрика производи-

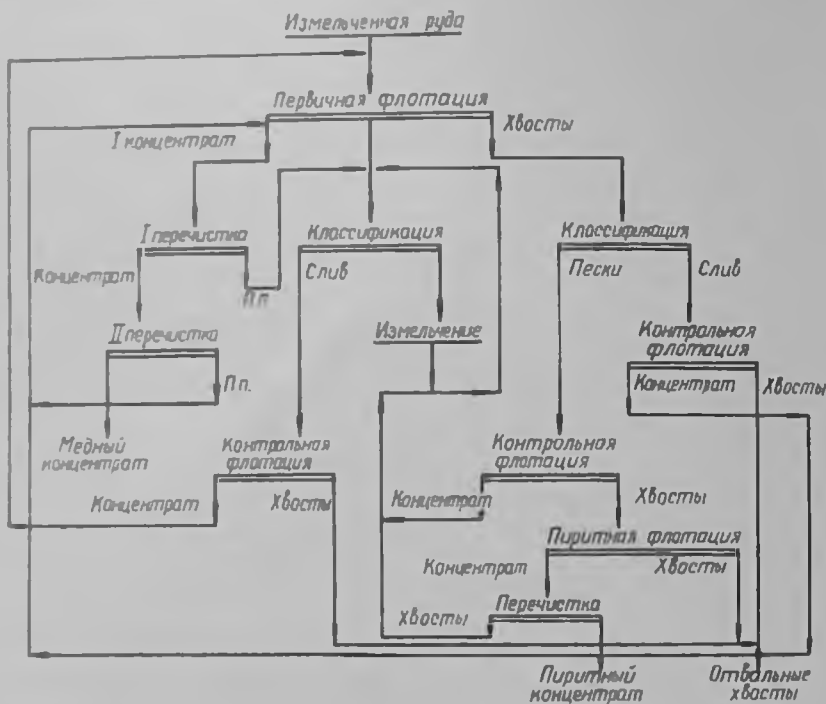


Рис. 9. Технологическая схема обогащения медно-пиритной руды на фабрике "Маунт Лейл"

тельностью 2 тыс. т/сутки работает с применением схемы селективной флотации. Проводится реконструкция фабрики с увеличением ее производительности до 4 тыс. т/сутки. В получаемом медном концентрате содержится 20% меди при извлечении 84%.

В 1971 г. на фабрике было получено 80 тыс. т пиритного концентрата [51].

На строящейся в США фабрике "Лэйкшор" производительностью 7200 т/сутки запроектирована технологическая схема, предусматривающая получение медного и пиритного концентратов при извлечении меди в медный концентрат 91% [7].

Выводы

В последние годы в капиталистических и развивающихся странах наблюдается интенсивное строительство обогатительных фабрик для обогащения медных руд. В ряде стран введены в действие крупнейшие фабрики производительностью 30-80 тыс. т руды в сутки.

В связи с вовлечением в переработку руд со все более низким содержанием меди - в пределах 0,3-0,5% усовершенствованы технологические схемы обогащения с внедрением ряда прогрессивных процессов, из которых наибольший интерес представляют процессы самоизмельчения и рудногалечного измельчения, применение которых позволяет упростить технологическую схему, сократить число стадий дробления, исключить расход стали на шары и стержни, что особенно существенно для новых фабрик большой производительности. С применением данных процессов, по ориентировочным подсчетам, в 1972 г. будет перерабатываться примерно 40% общего количества медных руд.

Дальнейшее распространение получает схема с отдельной флотацией песковой и шламовой фракций (фабрика "Твин Бьюттс" в США и фабрики Филиппин).

Значительно усовершенствованы реагентные режимы флотации руд на основе использования более селективных реагентов-собирателей: Z-200, изопропилового ксантогената, сочетания реагентов-собирателей, амидового ксантогената для флотации труднообогатимых медно-цинковых и других руд.

Широкое применение нашла технология попутного извлечения молибдена из медных порфириновых руд, молибденовый цикл предусматривается в проектах строящихся новых крупных фабрик ("Твин Бьюттс", "Бренда", "Лорнекс" и другие).

Усовершенствованы циклы разделения коллективных медно-молибденовых концентратов: на фабриках Чили внедрен процесс "Анимол Д" на фабрике "Бренда" в Канаде разделение коллективного концентрата осуществляется с применением в качестве депрессора медных минералов кислого сернистого натрия и цианида натрия с исключением применявшейся ранее пропарки концентрата.

В связи с вовлечением в переработку ряда руд, содержащих повышенное количество окисленных медных минералов, дальнейшее распространение получают процесс ВОФ (фабрики США), а также процессы кучного, бактериального, чанового, автоклавного выщелачивания и выщелачивания меди из отвалов.

На медных обогатительных фабриках в большей степени, чем на фабриках, перерабатывающих руды других цветных металлов, внедрено централизованное управление, в том числе на основе применения рентгеноспектральных анализаторов, работающих в комплексе с ЭВМ ("Маттагами", "Дэйк Дюфо", "Джемиссон" в Канаде, "Пюхасалми" и "Керетти" в Финляндии).

На медных фабриках достигнута наиболее высокая производительность труда, составляющая в среднем по фабрикам США 27-30 тыс.т.

Однако, некоторые фабрики работают с более высокой производительностью (в тыс.т руды в год на одного работающего): "Бренда" в Канаде - 74,5, "Эль-Сальвадор" в Чили - 41,6, "Токепала" в Перу - 47,2, "Гаспе" в Канаде - 36,4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Minerals Yearbook, 1961, v. 1, p. 59.
2. Minerals Yearbook, 1969, v. 1-2, p. 65.
3. Производство и потребление цветных металлов в капиталистических странах. М., институт "Цветметинформация", 1963.
4. Mining Yearbook of Zambia, 1965, p. 30.
5. Canadian Minerals Yearbook, 1967, p. 171-178.
6. Skillings' Mining Review, 1970, Oktober 17, p. 14.
7. Skillings' Mining Review, 1970, August 22, p. 1,8,9.
8. Mining Magazine, 1971, v. 124, p. 268-271.
9. Mining Congress Journal, 1971, March, p. 54-57.
10. Australian Mining, 1969, August 15, p. 67-71.
11. Skillings' Mining Review, July 18, 1970, p. 22.
12. Skillings' Mining Review, 1970, December 12, p. 114-116.
13. Minerals Yearbook, 1967, v. 1-2, p. 448.
14. World Mining, 1970, N 3, p. 38-43.
15. Mining Magazine, 1971, v. 124, N 3, p. 192.
16. Canadian Mining Journal, 1970, July.
17. Engineering and Mining Journal, 1970, August, p. 74.
18. Skillings' Mining Review, 1970, September 5, v. 59, N 36.
19. Mining Engineering, 1970, August, p. 57-61.
20. Western Miner, 1970, October, p. 94-100.
21. Canadian Mining Journal, 1970, May, p. 71.
22. World Mining, 1969, November, p. 32-35.
23. Mining Magazine, 1969, v. 121, N 1, p. 36-45.
24. Бюллетень "Цветная металлургия", 1970, № 1, стр. 24-26.
25. Mining Engineering, 1971, February, p. 160.
26. Engineering and Mining Journal, 1970, September, p. 109-113.
27. Mining Congress Journal, 1968, September, p. 56.
28. Transaction of Society Mining Engineering, 1967, June, p. 221
29. World Mining, 1970, March.
30. Mining in Canada, 1970, July.
31. Цветные металлы, 1969, № 8, стр. 91.
32. Mining Minerals Engineering, 1968, October, p. 39.
33. Бюллетень "Цветная металлургия", 1966, № 5.
34. Skillings' Mining Review, 1967, v. 56, N 20, p. 8.

35. Engineering and Mining Journal, 1970, September, p. II.
 36. Erzmetall, 1970, Heft 9, September, s. 431-436.
 37. Chamber Mines Journal, 1968, N 9, p. 36-37.
 38. Skillings' Mining Review, 1970, Oktober 17, p. I4.
 39. Canadian Mining Manual, 1970, p. 60-73.
 40. Canadian Mining Journal, 1970, N 2, p. 90-97.
 41. Canadian Mining Journal, 1969, v. 90, N 6, p. 62-65.
 42. CIM Bulletin, 1971, v. 64, N 705, p. 47-50.
 43. World Mining, 1971, N 5, p. 30-34.
 44. Australian Mining, 1968, v. 60, N 7, p. 55.
 45. Mining Magazine, 1971, v. 124, N 6, p. 438-455.
 46. Фгцсн, 1970, № 42, стр. 43-44.
 47. IMM Abstracts, 1970, v. 20, N 4, p. 123-124.
 48. Engineering and Mining Journal, 1971, v. 172, p. 65-87.
 49. Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, 1968, N 3, p. 346.
 50. The Australian Mining Metallurgical and Mineral industry, 1965, v. 3, p. 118-119.
 51. Western Miner, 1969, November, p. 52.
-

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Общее состояние техники и технологии обогащения медных руд.....	3
Ввод в действие новых обогатительных фабрик.....	3
Характеристика перерабатываемых руд.....	8
Основные направления в развитии техники и технологии обогащения медных руд.....	9
Технология обогащения медных руд.....	27
Медно-молибденовые руды.....	27
Сульфидные монометаллические медные руды.....	36
Медно-цинковые руды.....	46
Сульфидно-окисленные и окисленные медные руды.....	56
Медно-магнетитовые руды.....	60
Медно-пиритные руды.....	66
Выводы.....	70
Литература.....	73

Редактор Л.А.Лалаянц Технический редактор И.А.Соколова
Корректор Т.И.Ропаква

Подписано в печать 7/ХІІ 1971 г.

Формат 60x90 1/16 Объем 4,75 п.л. 4,4 уч.-изд.л. Изд.№ 6114
Т - 19968 Тираж 550 экз. Цена 44 коп. Заказ 818

Институт "Цветметинформация"

