

РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.7.016.3:622.17

Горбатова Е.А., Ожогина Е.Г.

ВЛИЯНИЕ МОРФОСТРУКТУРНОГО СОСТАВА ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ РУД ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРИ ИХ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПЕРЕДЕЛЕ

На современном этапе развития техники наиболее экономичным и перспективным методом переработки отходов обогащения колчеданных руд является выщелачивание. Настоящая работа направлена на установление влияния морфоструктурного состава отходов обогащения на показатели извлечения цветных металлов при гидрометаллургическом переделе.

Ключевые слова: отходы обогащения, морфоструктурный состав, структура, выщелачивание.

The leaching is the most cost-effective and promising method of processing the waste of enrichment pyrite ores. The article suggests establishment of the influence of morphostructural the composition of the enrichment waste on the indicators of extraction of non-ferrous metals by hydrometallurgical process.

Keywords: enrichment waste, morphostructural composition, structure, leaching.

Горно-обогатительные предприятия цветной металлургии испытывают масштабные снижения своего сырьевого потенциала, вызванные истощением минерально-сырьевой базы и изменением качественных характеристик и технологических свойств полезных ископаемых, усложнением условий эксплуатации месторождений и сокращением финансирования геолого-разведочных работ.

Динамика изменения качества добываемых руд цветных металлов отражает систематическое снижение содержания в них полезных компонентов. Эта тенденция связана с невосполнимостью запасов полезных ископаемых в недрах и прогрессирующими темпами потребления руд цветных металлов. Она усиливается вследствие увеличения степени разубоживания добываемой горной массы, валовой выемки промышленных сортов руды, что приводит к более полному извлечению сырья из недр.

Положение усугубляется тем, что наряду с обеднением руд прослеживается качественное ухудшение их технологических характеристик. Современные руды цветных металлов отличаются сложным морфоструктурным составом, обусловленным полиминеральностью и текстурно-структурным рисунком (гранулярным составом рудных минералов, характером срастания как между собой, так и с породообразующими фазами), близостью технологических свойств рудообразующих минералов. Поэтому в них, как правило, отсутствует необходимая контрастность технологических свойств, что негативно влияет на полноту извлечения полезных минералов. Неблагоприятные для обогащения текстурно-структурные особенности руд требуют тонкого измельчения, при котором нередко происходит переизмельчение и ошламование минералов ценных металлов. При этом резко возрастает удельная поверхность материала, что создает

качественно новые условия, влияющие на механизм процессов обогащения, и служит одним из источников потерь металлов в хвостах обогащения [1].

Проблема дефицита руд цветных металлов делает актуальным не только создание эффективных технологий существующих сырьевых объектов, поиск дополнительных источников. В качестве потенциальных минеральных ресурсов, необходимых для расширения сырьевого потенциала горных предприятий, в последние годы серьезно рассматриваются отходы обогатительного передела, характеризующиеся повышенным содержанием полезных компонентов и доступностью их разработки. Только на Урале ежегодно образуется около 5 млрд т различных отходов, в том числе 6,5 млн т хвостов обогащения медных и медно-цинковых руд. Всего в регионе накоплено свыше 220 млн т хвостов обогащения. В законсервированных хвостохранилищах уральских обогатительных фабрик находится более 46 млн т отходов, содержащих 0,33% меди, 0,5% цинка и 28,2% серы.

Переработка отходов обогащения позволит снизить экологическую опасность для населения, создаваемую вредным влиянием хвостохранилищ на окружающую среду. Отходы обогащения могут использоваться не только в качестве сырья для извлечения металлов, но и в качестве строительного и дорожного материала. Для многих горно-обогатительных комбинатов техногенные объекты могут стать приоритетным, а в некоторых случаях – практически единственным источником минерального сырья.

Для вовлечения отходов обогащения руд в переработку разработаны следующие методы: репульпация хвостов с последующей перефлотацией; классификация с доизмельчением песковой фракции и с последующей флотацией; гравитационные методы обогащения с последующей флотацией; автоклавного окислитель-

ного выщелачивания; агитационного чанового выщелачивания; кучного бактериально-химического выщелачивания; кучного выщелачивания хвостов обогащения после их предварительного окомкования.

На современном этапе развития техники наиболее экономичным и перспективным методом переработки хвостов обогащения руд является их выщелачивание. Поэтому установление влияния морфоструктурного состава хвостов обогащения колчеданных руд на показатели извлечения металла при гидрометаллургическом переделе представляет практический интерес.

Хвосты обогащения колчеданных руд разных месторождений Южного Урала отличаются между собой по морфоструктурному составу и морфоструктурным характеристикам, что определяется составом исходных руд (табл. 1).

По степени литификации хвосты представляют собой несвязанный пылеватый и мелкозернистый (хвосты руд Александринского месторождения) обломочный материал (рис. 1). Обломки минеральных агрегатов хвостов характеризуются удлинением выше среднего, формой близкой к изометричной, особенно высоко изометричность проявляется в хвостах обогащения руд Майского месторождения, высокой степенью изрезанности границ зерен (близкой к 1), что говорит о ровных ортогональных границах минералов и позволяет предполагать хорошее извлечение цветных металлов.

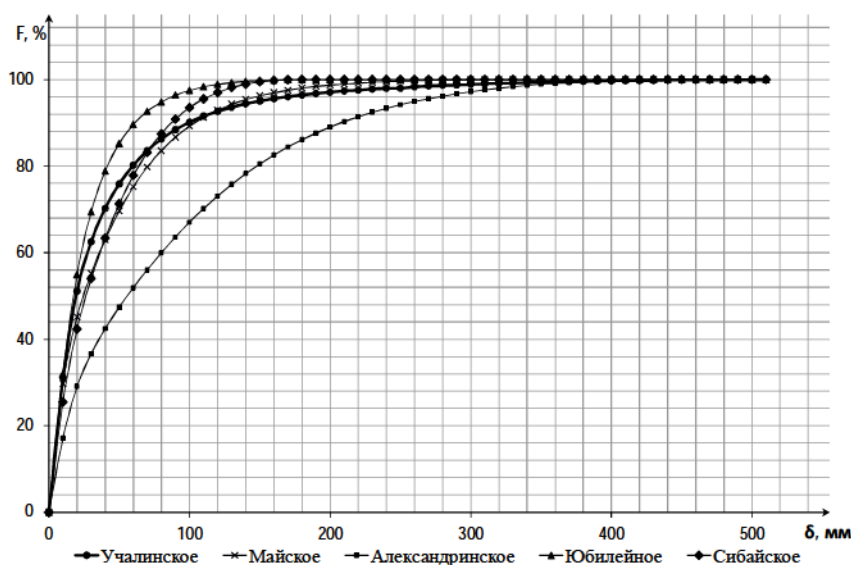


Рис. 1. Дифференциальная функция распределения дисперсного состава хвостов обогащения руд колчеданных месторождений

Минеральный состав текущих хвостов обогащения зависит от формационного типа колчеданных месторождений и от текстурных особенностей руды. Хвосты обогащения вкрапленных руд будут, в основном, сложены кварцем, а хвосты сплошных руд – пиритом.

Главные рудные минералы хвостов: пирит – 36–82%, халькопирит – до 3%, сфалерит – до 2%. В незначительном количестве присутствуют пирротин, галенит, арсенопирит, магнетит, ильменит, теннантит

и фрейбергит. Главным нерудным минералом является кварц, содержание которого варьирует в широких пределах – от 2 до 61%. В подчиненном количестве встречаются серицит, кальцит, сидерит, барит, хлорит, гипс, тальк, иллит.

Таблица 1

Морфометрические характеристики хвостов обогащения

Хвосты обогащения руд месторождения	Среднее значение фактора		
	круглой формы	удлинения	изрезанности границ
Учалинское	0,64	0,64	0,85
Александринское	0,63	0,66	0,83
Сибайское	0,71	0,66	0,96
Майское	0,87	0,70	1,1
Юбилейное	0,73	0,69	0,88

Текущие хвосты сложены свободными зернами и минеральными сростками. По минеральному составу сростки подразделяются на мономинеральные (пиритовые, халькопиритовые, сфалеритовые, магнетитовые, сидеритовые, баритовые, кварцевые и др.), биминеральные (сфалерит-пиритовые, халькопирит-пиритовые, галенит-пиритовые и др.) и полиминеральные (халькопирит-сфалерит-пиритовые, кварц-серицит-пиритовые и др.).

Для отходов обогатительного передела руд выявлено двенадцать наиболее распространенных структур: идиоморфнозернистая, гипидиоморфнозернистая, аллотриоморфнозернистая, интерстиционная, фрамбондальная, краевых каемок, замещения, разъедания, пойкилитовая, эмульсионная, пластинчатая, дробления (рис. 2). (Аналитик – Ю.Ю. Ефимова, Институт Наносталей ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова».)

Зернистые структуры – идиоморфнозернистые, гипидиоморфнозернистые и аллотриоморфнозернистые (интерстиционные) отличаются формой и характером сростаний кристаллических зерен. В хвостах обогащения колчеданных руд идиоморфные и гипидиоморф-

ные зерна, в основном, характерны для пирита, магнетита, ильменита и кварца. Сульфиды цветных металлов образуют аллотриоморфные выделения, срастаясь с зернами пирита разной степени идиоморфизма или выполняя пространство (интерстиции) между ними. Аллотриоморфные выделения обладают большой реакционной поверхностью. Для минеральных сростков, сформированных зернами различной формы и размера, типична пойкилитовая структура [2].

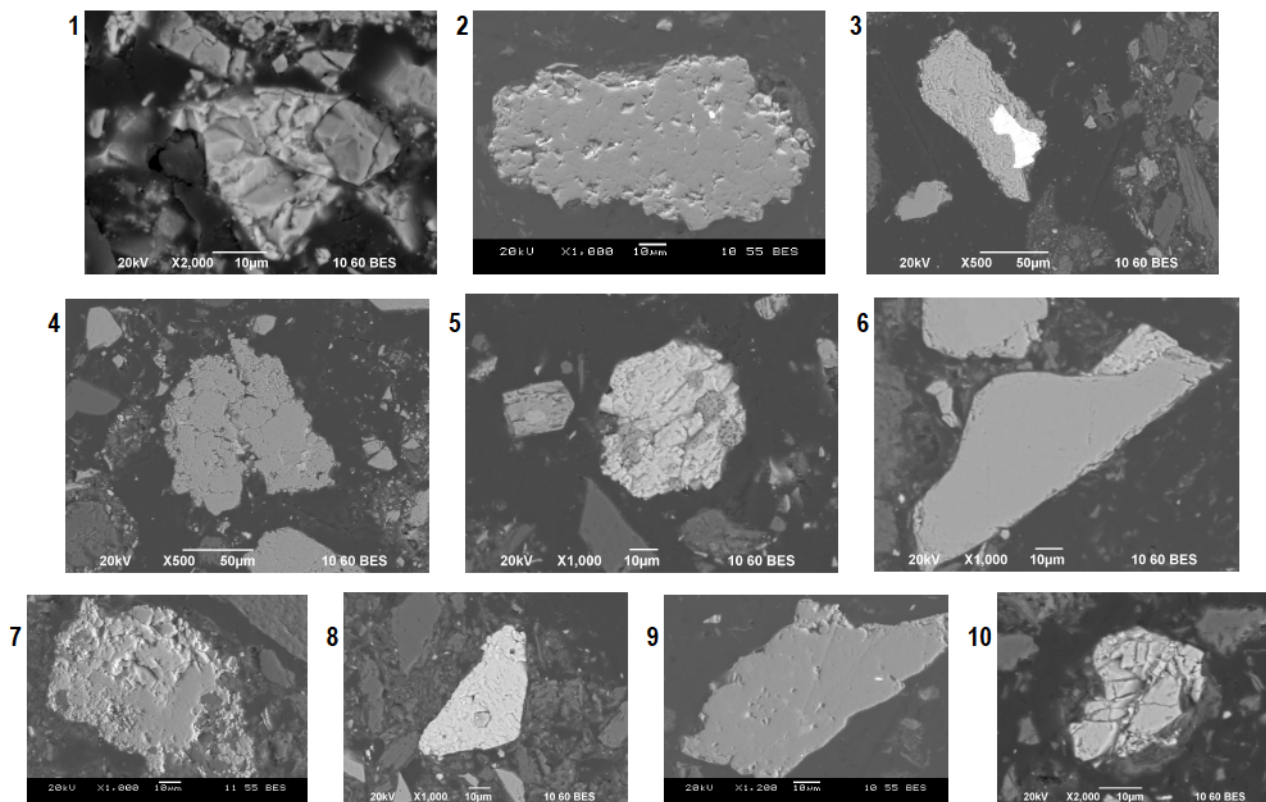


Рис. 2. Структуры хвостов обогащения колчеданных руд: 1 – идиоморфный кристалл пирита в сфалеритовой массе; 2 – гипидиоморфнозернистое строение агрегата пирита с редкими аллотриоморфными выделениями галенита (белое); 3 – аллотриоморфное выделение галенита (белое); 4 – интерстиционные образования сфалерита (светло-серое) между зернами пирита (серое); 5 – фрамбонды пирита в халькопирите; 6 – каемочные выделения халькопирита (светлое); 7 – замещение пирита (серое) халькопиритом (светло-серое); 8 – пойкилитовое включение сфалерита (серое) в барите (светлое); 9 – пойкилитовые выделения сфалерита (светло-серое) и галенита (белое) в пирите (серое); 10 – трещиноватый пирит

Коррозионные структуры – краевые каемки, замещения, разъедания образуются в минеральных агрегатах при реакционном замещении одних минералов с отложением новых, более устойчивых минералов [3]. Структуры характеризуются проникновением одного минерала в другой, в результате чего замещаемый минерал образует неправильные по форме зерна с неровными, зазубренными краями и бухтообразными очертаниями. Глубина изменения замещаемого минерала зависит от стадии замещения. Вторичные минералы могут унаследовать состав первичного минерала или не иметь ничего общего с составом замещаемого минерала. Например, в первом случае – замещение пирита сфалеритом или халькопиритом, во втором – растворение кварца и серицита с последующим отложением на их месте галенита.

Фрамбондальная структура характеризуется круглыми выделениями пирита с сотовидным внутренним строением, образовавшимся в результате пиритизации микроорганизмов или коацервации капель гидрата закиси железа [4]. Фрамбонды пирита обычно плотно прилегают друг к другу. Иногда между ними отмечаются другие минералы.

Структуры распада твердых растворов – эмульсионная, пластинчатая представляют собой тонкие и за-

кономерные срастания минералов. Они характеризуются выделением микроскопических каплевидных и пластинчатых зерен в основной массе рудного минерала.

Структуры дробления наблюдаются в агрегатах, сложенных более твердыми и хрупкими минералами, такими как пирит, кварц. В результате дробления образуются трещины, плоскости деформации, сколки. Полости трещин иногда выполнены более поздними минералами (халькопиритом, сфалеритом и др.).

Установлено, что морфология минеральных сростков в определенной степени влияет на процессы выщелачивания. В этом плане целесообразно выделить три группы хвостов обогащения колчеданных руд, отличающихся строением (структурой), определяющим показатели извлечения минералов: высокие, средние и низкие (табл. 2).

Для хвостов первой группы характерны такие типы срастания минералов (структуры), которые обеспечивают свободный доступ растворителя к ним и обуславливают максимальное извлечение цветных металлов в продуктивный раствор. В эту группу объединяются структуры: идиоморфнозернистая, гипидиоморфнозернистая, аллотриоморфнозернистая, интерстиционная, фрамбондная, краевых каемок и дробления.

Таблица 2

Влияние строения хвостов обогащения колчеданных руд на извлечение ценных компонентов при гидрометаллургическом переделе

Показатели извлечения цветных металлов	Структура хвостов	Морфология минералов цветных металлов	Обоснование показателей извлечения
Высокие	Идиоморфнозернистая	Зерна пирита разной степени идиоморфизма сростаются с аллотриоморфными образованиями сульфидов цветных металлов.	Сульфиды цветных металлов локализованы в доступных для проникновения растворов местах – каймы, трещины, интерстиции. Показатели извлечения высокие
	Гипидиоморфнозернистая	Границы сростаний минералов ровные	
	Аллотриоморфнозернистая	Сульфиды цветных металлов выполняют пространство или интерстиции между зернами пирита.	
	Интерстиционная	Границы сростаний минералов неровные, волнистые	
	Фрамбоидальные	Аллотриоморфные выделения сульфидов цветных металлов сростаются с фрамбоидами пирита. Границы сростаний минералов неровные, волнистые.	
	Каемчатая, фонарная (краевые каемки)	Кольцевые атоллвидные каемки сульфидов цветных металлов вокруг пирита. Границы сростаний минералов неровные, зазубренные	
Средние	Дробления	Сульфиды цветных металлов развиваются по трещинам пирита. Границы сростаний минералов от ровных до неровных	Минералы ценных компонентов являются продуктом замещения и образуют сложные формы сростаний, тем самым затрудняя процесс растворения и перевода металла в раствор. Показатели извлечения средние
	Замещения Разъедания	Тонкие сростания минералов. Зазубренные границами между ними	
Низкие	Пойкилитовая	Тонкие и субмикроскопические выделения сульфидов цветных металлов разной степени идиоморфизма в рудной или нерудной матрице.	Сульфиды цветных металлов встречаются в виде обособленных выделений в минеральной матрице, доступ выщелачивающих растворов, практически, невозможен. Показатели извлечения низкие
	Эмульсионная	Границы сростаний минералов ровные	
	Пластинчатая		

Хвосты второй группы характеризуются сложными формами сростаний минералов, неоднородностью минерального состава, зазубренными границами между ними, что затрудняет процесс доступа растворителя к минералам с последующим их растворением.

Структуры хвостов третьей группы определяют низкое извлечение. В эту группу объединяются сложные по рисунку структуры – пойкилитовые, эмульсионные и пластинчатые. Микрометровые размеры выделений и их обособленное расположение в «минерале-хозяине» затрудняют доступ растворителя к минералам.

Таким образом, на примере хвостов обогащения колчеданных руд Южного Урала показана их неоднородность по морфоструктурному составу и строению, что оказывает непосредственное влияние на извлечение цветных металлов при гидрометаллургическом переделе. Полученные данные позволяют прогнозировать особенности отходов обогатительного передела с точки зрения их вторичной переработки, поведения в технологических процессах и качества получаемой продукции.

Список литературы

1. Подготовка минерального сырья к обогащению и переработке / В.И. Ревнивцев, Е.И. Азбель, Е.Г. Баранов и др.; под. ред. В.И. Ревнивцева. М.: Недра, 1987. 307 с.
2. Вахромеев С.А. Руководство по минераграфии. М.: Госгеолитиздат, 1950. 198 с.
3. Афанасьева Е.Л., Исаенко М.П. Технологическая минералогия. М.: Недра, 1988. 226 с.
4. Кизильштейн Л.Я. Фрамбоидальный пирит причастен к возрождению жизни на Земле // Природа. 2007. №1. С. 49-54.

Bibliography

1. Preparation of mineral raw materials to beneficiation and processing / Revnivitsev V.I., Azbel E.G., Baranov E.G. et al. M.: Nedra, 1987. 307 p.
2. Vakhromeyev S.A. A Guide to mineragrafy. M.: Gosgeolizdat, 1950. 198 p.
3. Afanasyeva E.L., Isaenko M.P. Technological mineralogy. M.: Nedra, 1988. 226 p.
4. Kizilstein L.Y. Framboidal pyrite involved in the revival of life on The Earth // Priroda. 2007. №1. P. 49-54.