(19) Евразийское патентное ведомство

(21) 202090080 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.04.16

(22) Дата подачи заявки
2017.06.30

(51) Int. Cl. ***B02C 23/08*** (2006.01)
B03D 1/00 (2006.01)
C22B 1/00 (2006.01)
C22B 3/22 (2006.01)
C22B 13/00 (2006.01)
C22B 15/00 (2006.01)
C22B 19/00 (2006.01)
C22B 23/00 (2006.01)
C22B 34/12 (2006.01)

(54) МАКСИМИЗАЦИЯ ДОБЫЧИ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СУЛЬФИДНОЙ РУДЫ ПУТЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ОТБРАСЫВАНИЯ ОТХОДОВ

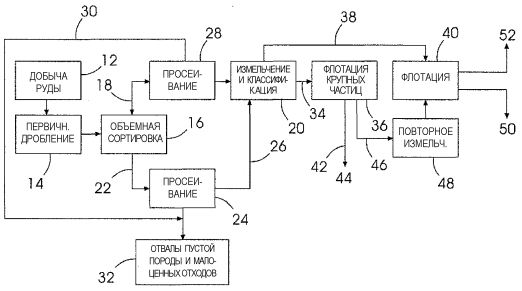
(31) **15/631,137**
(32) **2017.06.23**
(33) **US**
(86) **PCT/IB2017/053963**
(87) **WO 2018/234855 2018.12.27**

(71) Заявитель:
АНГЛО АМЕРИКАН СЕРВИСИЗ (ЮК) ЛТД (GB)

(72) Изобретатель:
Филмер Энтони Оуэн (AU), Александер Дэниел Джон (GB)

(74) Представитель:
Веселицкая И.А., Веселицкий М.Б., Кузенкова Н.В., Каксис Р.А., Белоусов Ю.В., Куликов А.В., Кузнецова Е.В., Соколов Р.А., Кузнецова Т.В. (RU)

(57) В настоящей заявке описывается комплексный способ извлечения ценных металлов из сульфидной руды, включающий стадии (16) объемной сортировки и (24/28) просеивания дробленой руды. Поток отсортированной/просеянной крупнокусковой руды измельчают и классифицируют на стадии (20) для обеспечения крупной фракции (34), подходящей для флотации крупных частиц, и первой тонкой фракции (38), подходящей для традиционной флотации. Фракцию, пригодную для флотации крупных частиц, подвергают флотации крупных частиц на стадии (36) для получения пустой породы (42) и промежуточного концентрата (46). Промежуточный концентрат подвергают измельчению на стадии (48) для получения второй тонкой фракции, подходящей для традиционной флотации. Первую тонкую фракцию и вторую тонкую фракцию подвергают традиционной флотации на стадии (40) для обеспечения концентрата и хвостов. В этом способе, позволяющем извлечь выгоду из естественной неоднородности сульфидных рудных тел, используются технологии обогащения, такие как объемная сортировка, просеивание и флотация крупных частиц в новой многоступенчатой конфигурации для отбрасывания в отходы максимального количества пустой породы перед осуществлением процесса тонкого измельчения.



202090080 A1

202090080 A1

МАКСИМИЗАЦИЯ ДОБЫЧИ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СУЛЬФИДНОЙ РУДЫ ПУТЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ОТБРАСЫВАНИЯ ОТХОДОВ

Уровень техники

Сульфидные руды, содержащие металлы, такие как медь, золото, металлы группы платины, никель, свинец и цинк, добываются в промышленных масштабах путем тонкого измельчения и флотации для концентрирования ценного компонента и отбрасывания пустой породы.

Традиционный способ включает бурение в рамках системы управления качеством для оконтуривания рудного тела, буровзрывные работы для разрушения неизбежных отходов (с содержанием ценного компонента ниже экономически/промышленно минимально допустимого содержания (CoG - от англ. cut-off-grade)) и руды, погрузку породы на тяжелые грузовики для транспортировки руды для первичного дробления и отходов в зону складирования. Дробленую руду направляют в процесс измельчения, который обычно осуществляют с помощью оборудования с частичным самоизмельчением или валковых мельниц высокого давления с последующим измельчением в шаровых мельницах для полного высвобождения зерен ценного компонента с размерами 75-200 микрон (p80). Затем руду отделяют с помощью флотации, в результате которой получают коммерческий концентрат и хвосты. Хвосты из процесса флотации перекачивают в хвостохранилище и оставляют на бессрочное хранение.

Поскольку последовательность традиционных процессов требует тонкого измельчения всей руды, то потребляется большое количество энергии, обычно 20 кВт-ч на тонну руды, и воды, 0,5-1,0 тонны воды на тонну руды. Бóльшая часть этой воды теряется с мелкими хвостами, где она прочно соединяется с очень мелкими частицами остатков традиционного процесса флотации и удерживается ими.

Из-за дефицита доступной воды на некоторых территориях были предложены различные водосберегающие решения. Для некоторых

горнодобывающих предприятий (далее "рудников") на близлежащем морском побережье установили опреснительные установки, и в технологическое оборудование подавали опресненную воду. На других рудниках устанавливали большие фильтр-прессы для выжимания из хвостов как можно больше воды. К сожалению для реализации этих решений требуются высокие капитальные и эксплуатационные расходы. Высокие затраты на тонкое измельчение и высокое потребление воды также означают ограничение эффективности извлечения ценных компонентов из подземных месторождений, то есть, снижение рентабельности процесса.

В любой конкретный момент времени жизненного цикла работы рудника минимально допустимое содержание ценного компонента для руды задают для максимизации качества (сорта) руды, подаваемой на переработку, и, соответственно, максимизации производства для имеющихся производственных мощностей. Это минимально допустимое содержание в руде ценного компонента может по-разному ограничиваться доступной водой, или емкостью хвостохранилищ, или установленной мощностью перерабатывающего оборудования. Вне зависимости от действующих ограничений экономически интересная руда часто отбрасывается в отвалы отходов, просто потому что в это время поступают материалы более высокой сортности. Даже если низкосортный материал, качество которого превышает качество, при котором обеспечивается достаточная рентабельность обработки, но содержание ценного компонента все-таки ниже текущего минимального содержания, подается из отвалов на переработку, то затраты на укладку в отвалы и на возврат этого малоценного материала на переработку позднее, снижают эффективность эксплуатации месторождения.

Если бы можно было осуществить обогащение несортированной добытой руды перед тонким измельчением, чтобы можно было отбросить в отходы фракцию с содержанием ценных компонентов ниже минимально допустимого содержания, с высоким выходом ценных компонентов и приемлемым коэффициентом повышения качества, а также с относительно низкими эксплуатационными расходами, то можно было бы снизить удельные затраты и потребление воды. В результате было бы повышено качество материала, подаваемого на переработку. И сортность материала в любом отвале,

возникающем в результате ограничения, накладываемом имеющейся мощностью переработки, была бы выше, в результате чего повышается рентабельность излечения ценных компонентов из материала отвалов.

Учитывая количество ценного компонента, связанное с удалением фракции руды, содержание ценного компонента в которой ниже минимально допустимого содержания, и предпочтительно ниже содержания, при котором переработка руды нерентабельна, были предложены различные технологии обогащения. Для сульфидов такие технологии обычно основываются на гравитационных способах, таких как разделение в плотной среде, способ спирального разделения и способы сортировки породы. Однако для большинства сульфидных руд эти технологии обогащения не подходят из-за проблем, связанных с коэффициентом повышения качества/извлечения или с затратами на реализацию.

Если параметры обогащения заданы таким образом, чтобы обеспечивалось отбрасывание достаточного количества руды (то есть, достижение высокого коэффициента повышения качества), чтобы можно было окупить затраты на процесс обогащения, то потери ценного компонента будут чрезмерными. Это означает увеличение себестоимости добычи на тонну продукта, и снижение эффективности использования всего месторождения.

Поэтому добытую несортированную руду обычно измельчают до размеров частиц, при которых обеспечивается полное высвобождение ценных компонентов, и затем осуществляют флотацию, несмотря на очевидно высокие затраты на измельчение и высокое потребление воды.

Недавно компанией Eriez Flotation Division (EFD), полностью принадлежащей компании Eriez Manufacturing Co., была предложена возможность использования процесса химической флотации крупных частиц для обогащения сульфидов с использованием подходящей специализированной флотационной камеры. Используя эту технологию флотации крупных частиц, определили возможность получения сухих песчаных остатков для укладки в отвалы, в результате открывается возможность для другой технологии обогащения, обеспечивающей сокращение потребления воды и энергии (WO2016/170437). Это один из очень важных способов возвращения воды, однако из-за зависимости размеров частиц от ограничений извлечения для флотации крупных частиц и точности разделения по размерам в гидроциклонах,

только 30-50% руды имеет на выходе форму песка. Соответственно, потребление воды и объемы хвостов обычно сокращаются только примерно на 25-40%.

В другой технологии обогащения для сульфидных руд используется характерное растрескивание и разрушение по границам минерализованных зерен, в результате чего большинство сульфидов концентрируется в более мелких частицах. В этом случае появляется возможность использования просеивания для отбрасывания более крупных кусков породы, которые содержат руду самого низкого качества. Эта технология впервые была опробована на острове Бугенвиль в конце 80-х годов прошлого столетия (Австрало-Азиатский Институт горных разработок и металлургии, симпозиум "Разработка минералов", Папуа-Новая Гвинея, 27-28 июня 1986 г., публикация "Использование предварительного концентрирования с помощью просеивания на руднике Bougainville Copper Limited", Burns R.S. и Grimes A.W., содержание которой вводится здесь ссылкой). Эта технология обогащения активно исследовалась в ряде разработок с товарным знаком Grade Engineering Центра CRC ORE (Объединенный исследовательский центр по оптимизации добычи природных ресурсов). Центр CRC ORE - это некоммерческая организация, финансируемая Федеральным Правительством Австралии и предприятиями по добыче минералов http://www.crcore.org.au/main/index.php/solutions/grade-engineering.

Кроме того, также был предложен способ обогащения с использованием объемной сортировки (bulk sorting). Разработка датчиков, которые могут с достаточной точностью и с высокой скоростью определять среднюю сортность материала на ленте конвейера или в ковше экскаватора, обеспечивает возможность идентификации кусков породы и направления их в потоки руды или отходов. Источник: Valery и др., Всемирный конгресс горных разработок, 2016; Minesense http://www.minesense.com/products:

Продукт ShovelSense™ для экскаваторов представляет собой работающую в режиме реального времени систему телеметрии и поддержки принятия решений для добычи минералов на поверхности и под землей. Он представляет собой комплект оборудования, устанавливаемого в ковше экскаватора, работающего в открытых карьерах, или в черпаке подземной машины, такой как погрузочно-доставочная машина для подземных горных работ (Scooptram).

Система ShovelSense™ используется для:

измерения качества руды при загрузке материала в ковш;

передачи информации о качестве руды и ее типе в систему управления качеством/направления материала;

поддержки принятия решений в режиме реального времени в отношении направления материала в поток руды или отходов.

Объемная сортировка использует естественную неоднородность рудных тел для разделения зон высокосортного и низкосортного материалов, которые обычно смешиваются в однородный поток добытой несортированной руды. Слабым местом объемной сортировки является то, что она может отклонять только те зоны, материал которых имеет низкое качество в момент измерений, и, соответственно, для поддержания приемлемого коэффициента повышения качества она должна использоваться до того, как произойдет существенная гомогенизация руды.

Несмотря на то что эти три недавно разработанные и совершенно разные технологии обогащения сравнительно хорошо известны, все же ни одна из них не получила широкого распространения в горнодобывающей промышленности. Это может быть по меньшей мере частично объяснено теми же ссылками на коэффициент повышения качества, степень извлечения ценного компонента и затраты, которые затрудняли внедрение традиционных способов гравитационного обогащения.

В заключение можно отметить, что горнодобывающая промышленность требует очень больших капиталовложений, потребляет много воды и энергии, и ценные компоненты, содержащиеся в добываемой руде, извлекаются лишь частично. Хотя известны технологии обогащения, которые могут потенциально решать указанные проблемы, они рассматривались по отдельности для решения каждой проблемы, и чаще всего были признаны неэффективными с экономической точки зрения.

Сущность изобретения

В настоящем изобретении предлагается комплексный способ извлечения ценных металлов из сульфидной руды, включающий:

а) получение дробленой руды;

б) объемную сортировку и просеивание дробленой руды для получения потока отсортированной/просеянной крупнокусковой руды и потока отходов;

в) измельчение потока отсортированной/просеянной крупнокусковой руды в мельнице с последующей классификацией для обеспечения крупной фракции, подходящей для флотации крупных частиц и первой мелкой фракции, подходящей для традиционной флотации;

г) флотацию крупных частиц в отношении крупной фракции, подходящей для флотации крупных частиц, для получения пустой породы и промежуточного концентрата;

д) измельчение промежуточного концентрата для обеспечения второй тонкой фракции, подходящей для традиционной флотации; и

е) традиционную флотацию первой тонкой фракции и второй тонкой фракции для обеспечения концентрата и хвостов.

Предпочтительно перемешивание дробленой руды ограничивается, например, загрузкой одного самосвала или ковша экскаватора, для ограничения гомогенизации руды перед стадией б).

На стадии а) руду предпочтительно раздробляют на фрагменты, подходящие для их загрузки на конвейер для подачи на последующую стадию измельчения, с размерами, которые обычно находятся в диапазоне от 5 см до 40 см.

Объемная сортировка на стадии б) может осуществляться с помощью установки объемной сортировки, содержащей ленту конвейера с отклоняющим механизмом, управляемым датчиком, обеспечивающим непрерывный анализ, причем отклоняющий механизм отбрасывает в поток отходов низкосортные зоны потока породы, содержание ценного компонента в которых не соответствует заданной минимально допустимой величине (CoG). Датчик, обеспечивающий непрерывный анализ, предпочтительно представляет собой быстродействующий сканирующий датчик, предпочтительно датчик установки магнитного резонанса, или нейтронной активации, или рентгеновского излучения.

На стадии б) дробленая руда может подвергаться объемной сортировке с последующим просеиванием или просеиванию с последующей объемной сортировкой.

Предпочтительно на стадии б) дробленную руду подвергают объемной сортировке для получения потока отсортированной крупнокусковой руды, которую подвергают измельчению на стадии в), и первого потока отходов.

Предпочтительно поток отсортированной крупнокусковой руды просеивают для получения потока просеянной крупнокусковой руды, которую подвергают измельчению на стадии в), и второго потока отходов.

Обычно размер ячеек грохота, используемого для просеивания потока крупнокусковой руды, выбирают для получения потока просеянной крупнокусковой руды, который составляет 80-90 мас.% от потока крупнокусковой руды после объемной сортировки.

Предпочтительно на стадии б) первый поток отходов просеивают для обеспечения третьего потока отходов и фракции более высокого качества, которую направляют на измельчение в измельчительном устройстве на стадии в) вместе с потоком отсортированной/просеянной руды.

Обычно размер ячеек грохота, используемого для просеивания первого потока отходов, выбирают для извлечения 15-25 мас.% потока.

На стадии в) руду предпочтительно измельчают в замкнутом контуре с устройством классификации для обеспечения отбора материала, размеры частиц которого уже уменьшены до величин, подходящих для флотации крупных частиц и традиционной флотации.

На стадии в) руду предпочтительно подвергают классификации для обеспечения крупной фракции, подходящей для флотации крупных частиц, с размерами частиц от 100 мкм до 1000 мкм, предпочтительно от 150 мкм до 800 мкм, наиболее предпочтительно от 200 мкм до 600 мкм, и первой тонкой фракции, подходящей для традиционной флотации, обычно с размерами менее 150 мкм, предпочтительно менее 200 мкм.

На стадии д) промежуточный концентрат предпочтительно измельчают до размеров частиц менее 150 мкм для обеспечения второй тонкой фракции, подходящей для традиционной флотации.

Предпочтительно определяют кривые содержания/извлечения (natural grade recovery curves) для руды месторождения, и каждую из следующих стадий обогащения:

i) объемная сортировка;

ii) просеивание;

iii) флотация крупных частиц

осуществляют и регулируют (управляют ими) для непрерывного отбрасывания максимального количества отходов, содержание ценного компонента в которых ниже минимально допустимого промышленного (рентабельного) содержания.

Стадии обогащения:

i) объемная сортировка;

ii) просеивание;

iii) флотация крупных частиц;

могут быть также осуществлены и управление ими может осуществляться для отделения низкосортной руды, подходящей для накопления или выщелачивания в отвалах, и, соответственно, для получения высокосортной руды, подаваемой для загрузки имеющихся мощностей по измельчению и традиционной флотации.

С учетом ограничений конкретного разрабатываемого месторождения конструкцию и заданные параметры для каждой стадии обогащения выбирают также для:

- оптимизации выпуска продукции всей производственной системой добычи и переработки руды месторождения с учетом ограничений в части воды и емкости хвостохранилищ; и/или
- оптимизации капитальных затрат на производственное оборудование и инфраструктуры в новом или в расширяемом руднике; и/или
- оптимизации извлечения ценных минералов из рудного тела; и/или
- оптимизации суммарных эксплуатационных расходов на тонну продукта

прежде всего путем отбрасывания максимального количества отходов, содержание ценного компонента в которых ниже минимально допустимого промышленного содержания, для вторичной переработки.

Предпочтительно минимизируют гомогенизацию перед объемной сортировкой для максимизации удаления пустой породы.

Просеивание может использоваться специально для отбора мелкой фракции более высокого качества из отбрасываемого потока после объемной сортировки.

Просеивание может использоваться также специально для отбора крупной фракции более низкого качества из потока руды после объемной сортировки.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 - блок-схема способа обогащения по одному из вариантов осуществления изобретения;

на фиг. 2 - график, демонстрирующий зависимость производительности (в тоннах) от качества для объемной сортировки типичной медно-порфировой руды;

на фиг. 3 - график повышения качества, достигаемого с использованием просеивания для различных соотношений типичной медно-порфировой руды;

на фиг. 4 - дерево принятия решений для типичной конфигурации способа в одном из вариантов осуществления изобретения;

на фиг. 5 - график, иллюстрирующий влияние способа по настоящему изобретению на потребление энергии, воды и на количество хвостов по сравнению с традиционными процессами дробления, измельчения и флотации.

Подробное описание осуществления изобретения

Настоящее изобретение относится к способу, который позволяет извлечь выгоду из естественной неоднородности сульфидных рудных тел, и в котором используются технологии обогащения в новой многоступенчатой конфигурации для отбрасывания в отходы максимального количества пустой породы перед осуществлением процесса тонкого измельчения. Эта отбрасываемая пустая порода содержит руду в концентрации, которая ниже минимально допустимого промышленного содержания (то есть, отходы), однако она может быть также в форме материала, подаваемого в отвалы для выщелачивания, или в форме низкосортного материала, накапливаемого в отвалах, для переработки в будущем средствами рудника (профилирование качества, grade profiling).

Точная количественная оценка полезного результата будут зависеть от характеристик "содержание/извлечение" конкретного рудного тела. Однако при использовании комбинации технологий потребление воды и энергии, расходуемой на измельчение, обычно снижается на 50-80% для одного и того же минимально допустимого содержания ценного компонента в добываемой руде. Вместо этого минимально допустимое содержание ценного компонента в добываемой руде может быть снижено, в результате чего может быть увеличен

срок разработки месторождения лишь при незначительном снижении расходов воды и энергии. Изобретение также обеспечивает возможность существенного снижения удельных затрат производства, капитальных и эксплуатационных расходов, и, когда это целесообразно, расширения программы выпуска продукции для повышения рентабельности инвестированного капитала.

На фиг. 1 приведена упрощенная блок-схема одного из вариантов осуществления изобретения. На стадии 12 осуществляют извлечение руды из рудного тела и подают ее в дробилку 14 первичного дробления, на выходе которой осуществляется объемная сортировка на стадии 16 для получения потока 18 отсортированной крупнокусковой руды, которую измельчают и классифируют на стадии 20, и потока 22 отсортированных отходов. На стадии 24 просеивания из потока 22 отсортированных отходов отбирают высокосортную фракцию 26, содержащую более мелкие куски, и объединяют ее с потоком высокосортной фракции для измельчения и классификации на стадии 20. Если поток 18 отсортированной крупнокусковой руды со стадии 16 объемной сортировки имеет сравнительно низкую сортность, то он аналогичным образом может быть просеян на стадии 28 для отбрасывания самых крупных кусков (поток 30) в отвал 32 отходов или низкосортного материала. Классификация обеспечивает разделение руды после частичного измельчения на поток 34 крупнозернистого материала, подходящего для флотации 36 крупных частиц, и поток 38 мелкозернистого материала, подходящего для направления непосредственно на стадию 40 флотации. Затем на стадии 36 флотации крупных частиц отбрасывается пустая порода (поток 42), направляемая в песчаный отвал 44, и промежуточный концентрат 46 измельчают на стадии 48 для направления на стадию 40 традиционной флотации. На выходе стадии 40 традиционной флотации получают концентрат 50 и хвосты 52.

Таким образом, низкосортный материал 32 и 44 отбрасывается на стадиях 16, 24, 28 сортировки/просеивания и на стадии 36 флотации крупных частиц, так что только часть исходной руды должна подвергаться тонкому измельчению для обеспечения полного высвобождения, необходимого для получения коммерческого концентрата.

Вариабельность минералогических характеристик руды и/или конструкций рудников означает, что переработка руды для извлечения ценных компонентов

будет осуществляться по-разному на разных рудниках. Например, на некоторых рудниках может быть изменена очередность стадий просеивания и объемной сортировки, в то время как неоднородность руды будет по-прежнему сохраняться. В таком варианте материал, содержащий мелкие куски, после просеивания будет направляться на стадию измельчения, а фракция, содержащая более крупные куски, будет направляться на стадию объемной сортировки для отбрасывания отходов. Система должна быть построена таким образом, чтобы в процессе сортировки минимизировалась гомогенизация руды.

И для некоторых рудников с особенно привлекательными кривыми "содержание/извлечение" для одной или двух технологий обогащения может быть более целесообразно с экономической точки зрения использовать только некоторые из компонентов новой многоступенчатой цепочки переработки руды, являющейся объектом настоящего изобретения.

Кривая "содержание/извлечение" для объемной сортировки хорошо подходит для удаления отходов, причем при этом сохраняется исходная пространственная неоднородность рудного тела. Просеивание хорошо подходит для отбора ценных компонентов (мелких частиц) из потоков низкосортных материалов, однако только для некоторых рудных тел характерное растрескивание и разрушение обеспечивает возможность высокой степени извлечения и непосредственного отбрасывания отходов. Флотация крупных частиц хорошо подходит для отбрасывания отходов с высокой степенью извлечения, хотя и после частичного измельчения.

Первый компонент - объемная сортировка

Первым компонентом процесса обогащения в самой распространенной конфигурации настоящего изобретения является объемная сортировка. Руду, раздробленную в результате буровзрывных работ, транспортируют с помощью погрузчика или конвейера к дробилке первичного дробления и затем с помощью конвейера на измельчение. На конвейере, перед дробилкой первичного дробления или после нее, может быть осуществлен анализ качества руды (или вредных примесей) с использованием магнитного резонанса, в частности может использоваться анализатор магнитного резонанса, установленный на конвейере, для минералов, отличающихся от халькопирита, разрабатываемый CSIRO (Организация по научным и промышленным исследованиям Австралии)

совместно с CRC ORE (Корпоративный исследовательский центр по оптимизации добычи ресурсов), в результате чего будет создана технология магнитного резонанса для конвейеров (TRL 4), обеспечивающая выборочное обнаружение минералов, отличающихся от халькопирита http://www.crcore.org.au/main/images/snapshot/projects/CRC-ORE-Snapshot---Research-1.003---Bulk-sensing-with-magnetic-resonance.pdf; или с использованием нейтронной активации, например, может использоваться CAN-анализатор (управляемый нейтронный анализатор) компании SODERN, в котором используется электрический нейтронный источник со стабилизированным излучением http://www.sodern.com/sites/en/ref/Cross-belt-Analyser_71.html, обеспечивающий возможность принятия решения о направлении потока обломков породы в поток руды или в поток отходов. Нейтронная активация - это процесс на ядерном уровне, используемый для определения концентраций элементов в большом количестве материалов. Управляемый нейтронный анализатор позволяет осуществлять дискретные выборки элементов, поскольку он не зависит от химической формы выбранных элементов, а реагирует исключительно на их ядра.

В результате минимизации гомогенизации, которая может происходить при обработке и перемещении материалов, зоны высокого и низкого качества сохраняются почти неизменными. Анализ для объемной сортировки может осуществляться перед стадией первичного дробления или после нее, в зависимости от характера образования кусков в результате буровзрывных работ. Однако стадия объемной сортировки должна осуществляться перед оборудованием с частичным самоизмельчением или перед шаровой мельницей, в которых перемешивание и рециркуляция загружаемого материала ликвидируют неоднородность. Также необходимо избегать создания любых промежуточных запасов материалов между шахтой (карьером) и установкой объемной сортировки.

После загрузки на ленту конвейера вышеуказанные зоны высокого и низкого качества рудоносной породы будут занимать соответствующие участки ленты. Некоторые части породы по длине ленты загруженного конвейера будут иметь качество ниже минимально допустимого промышленного содержания, в то время как другие части будут составлены из зон высокого качества рудоносной

породы. На основе непрерывного анализа измерений датчика отклоняющий механизм отклоняет части породы с низким содержанием руды, которые не соответствуют требуемому минимально допустимому содержанию, в отдельный поток отходов.

Типичная кривая производительности для материала определенного качества при объемной сортировке в значительной степени будет зависеть от неоднородности рудного тела. В результате сохранения этой естественной зонной неоднородности и использования датчика быстрого сканирования эффективный размер сортируемой части существенно меньше обычной сетки 20-25 м, используемой для традиционного управления качеством в карьере. При традиционном управлении качеством характеристика всей породы на этом отрезке сетки усредняется и указывается как руда или отходы. Таким образом, процесс объемной сортировки позволяет более точно различать отходы и руду по сравнению с традиционным управлением качеством.

Количество породы, содержание ценного компонента в которой ниже минимально допустимого содержания, и которая может быть удалена из обычной руды, может быть оценено в результате геостатистического анализа буровых кернов. Кривая зависимости производительности от содержания, приведенная на фиг. 2 и построенная для типичного меднорудного тела в Чили в предположении того, что рудоносная порода становится однородной при дроблении партии породы 300 тонн, доставленной к конвейеру карьерным самосвалом, показывает, что до 25% добытой несортированной руды может быть отброшено как отходы.

Даже для более кондиционной руды металлов группы платины месторождения Platreef, Южная Африка, в отходы может отбрасываться до 40% породы, содержание ценных компонентов в которой ниже минимально допустимого уровня для переработки. Аналогично, для достаточно однородной медно-порфировой руды из Перу отходы, содержание ценного компонента в которых ниже 0,25% (минимально допустимое содержание), могут достигать 20%.

Опционально процесс может быть сконфигурирован таким образом, чтобы один поток из первого отклоняющего устройства можно было подвергнуть дополнительной сортировке с использованием второй отклоняющей системы.

Такая технология может использоваться для формирования трех фракций: поток высокосортной руды для немедленной переработки, поток низкосортной руды для хранения или для выщелачивания в отвалах, и поток отходов. Эта технология профилирования качества идеально подходит в тех случаях, когда расходы на добычу руды относительно невелики по сравнению с расходами на ее переработку, и рудное тело имеет достаточно большие размеры, чтобы окупалась схема вторичной переработки низкосортной фракции в будущем. Если вода в большом дефиците, то обеспечивается возможность высокой производительности в первые годы работы (профилирование качества) с учетом недостатка доступной воды.

Минимизация степени перемешивания, которое происходит перед датчиком объемной сортировки и отклоняющим устройством, важна для максимизации отбрасывания низкосортной руды. Частично перемешанная партия руды (например, доставленная одним самосвалом), которая может быть подвергнута анализу и сортировке с помощью отклоняющего устройства, может быть меньше той, которая быть получена с интервалами между разведочными скважинами, используемыми при обычном управлении качеством. Благодаря естественной неоднородности рудного тела значительная часть обычной несортированной руды содержит ценный компонент в концентрации, которая ниже минимально допустимой концентрации для карьера, и может быть отклонена в отходы или направлены в отвалы низкосортного материала.

Такое отбрасывание на ранней стадии потока отходов, которые в противном случае перерабатывались бы как руда, влечет за собой последствия, как в части использования минеральных ресурсов, так и в части затрат. Отходы больше не измельчаются (экономия энергии) и хранятся сухими (экономия воды). Эффективность разделения при объемной сортировке выше, чем в случае бурения в системе управления качеством и избирательной загрузки, так что эти работы по управлению качеством могут быть ограничены определением предельных границ карьера, в результате чего дополнительно снижаются расходы и упрощаются горные работы. Удаление отходов означает, что удельные затраты на переработку снижаются, и, соответственно, для этих предельных границ карьера может использоваться более низкое минимально

допустимое содержание. Таким образом, может быть улучшено итоговое использование природных ресурсов.

Второй компонент - просеивание

Во втором компоненте стадий обогащения, которые составляют настоящее изобретение, осуществляют просеивание одного или обоих из потоков руды и отходов после объемной сортировки. Для сульфидных руд характерно избирательное растрескивание и разрушение вдоль границ минерализованных зерен во время буровзрывных работ и дробления. В силу этого самая мелкая фракция породы в любой зоне руды будет более высокого сорта.

Если руда характеризуется существенной избирательностью, то поток отходов после объемной сортировки просеивают для дополнительного отделения более высокосортной мелкой фракции. Эти обломки меньших размеров вводятся в поток руды. Типичный пример иллюстрируется на фиг. 3 для умеренно избирательной чилийской медной руды, где сортность самых мелких обломков, составляющих 10-20%, обычно примерно в два раз выше сортности остающейся части (80-90%) руды. Таким образом, просеивание используется для отбора из потока отходов после объемной сортировки этих мелких фрагментов, содержание ценного компонента в которых выше минимально допустимого содержания. В силу этого сортность потока отбрасываемых отходов дополнительно снижается, в результате чего повышается общая эффективность извлечения ценных компонентов из месторождения. В зависимости от конкретных кривых "содержание/извлечение" для любой руды для оптимизации отбрасывания отходов всей системой объемной сортировки/просеивания могут быть выбраны заданные параметры для каждого процесса обогащения.

В зависимости от избирательности растрескивания и разрушения конкретной рудоносной породы такое просеивание обычно требует, чтобы ячейка грохота имела размеры, обеспечивающее отбор 15-25 мас.% потока низкосортного материала. Крупные куски направляются в отходы.

Поток высокосортной руды после первичного дробления также содержит смесь обломков разных размеров. Благодаря избирательному разрушению, происходящему в результате буровзрывных работ, и тому, что любое разрушение происходит до объемной сортировки, в самых мелких кусках породы самое высокое содержание ценного компонента. Удаление посредством

просеивания самых крупных обломков, представляющих собой низкосортный материал, может обеспечивать дополнительное повышение качества материала, подаваемого на измельчение. Хотя это может быть необычно, что такой крупнокусковой материал в отбрасываемом потоке содержит ценный компонент в концентрации ниже минимально допустимой концентрации для промышленной переработки, эта фракция может неплохо подходить для выщелачивания в отвалах или складирования в отвалах низкосортного материала.

Если отделение самых крупных обломков применимо, то поток высокосортных мелких фрагментов будет составлять обычно примерно 80-90% от всего материала, подаваемого на переработку после объемной сортировки. Однако для тех руд, в которых избирательное разрушение не имеет четкого выражения, такое просеивание не даст прироста качества материала, который окупил бы отбрасывание низкосортных крупных обломков, и, соответственно, просеивание руды после объемной сортировки просто не будет осуществляться.

Комплексная система объемной сортировки и просеивания потоков высокосортного и низкосортного материалов будет иметь различные оптимальные заданные параметры для каждой руды, подлежащей обработке, и для экономических факторов каждого рудника. Для специалистов в данной области техники очевидно, что заданные параметры системы могут быть легко оптимизированы для обеспечения максимального качества материала для измельчения с одновременным отбрасыванием максимального количества породы, содержание ценного компонента в которой равно или ниже минимально допустимого содержания для переработки.

Третий компонент - флотация крупных частиц

Третьей стадией многоступенчатого обогащения является флотация крупных частиц. В этом процессе используется неоднородность на уровне размеров песчинок (меньше 1 мм) для гравитационного разделения с использованием также химических процессов. Частично измельченную руду классифицируют для получения песчаной фракции, которую обогащают с использованием подходящей специализированной флотационной машины, такой как EriezTM Hydrofloat. Машина Eriez HydrofloatTM осуществляет процесс концентрирования на основе комбинации ожижения и флотации с использованием ожижающей воды, которую насыщают микропузырьками

воздуха. Флотацию осуществляют с использованием концентраций флотационного реагента и реагента-коллектора и времени пребывания, подходящих для конкретного минерала, подлежащего флотации. Для получения частиц этого размера руду измельчают в достаточной степени для высвобождения большей части частиц пустой породы и раскрытия зерен ценного минерала, при этом они необязательно высвобождаются полностью. Выход процесса флотации крупных частиц с частично раскрытыми зернами минерала достаточно высок, и остающаяся пустая порода формирует песок, затраты на последующее измельчение и традиционную флотацию которого не окупаются. Песок, отбрасываемый из процесса флотации крупных частиц, может быть уложен в отвалы с дренированием для возвращения воды.

В системе, используемой для отбора частиц, размеры которых подходят для флотации крупных частиц, используются классификаторы, такие как циклоны или гидравлические классификаторы, для отсеивания фракции потока, которая подходит для традиционной флотации. В типичной конфигурации для этого третьего компонента обогащения материал с размерами зерен, не превышающими верхнюю предельную величину для флотации крупных частиц, отделяют от циркулирующей загрузки шаровой мельницы. Затем этот поток может быть подвергнут дополнительной классификации для отделения материала, размеры частиц которого меньше нижней предельной величины для флотации крупных частиц, и эта более мелкая фракция направляется непосредственно на традиционную флотацию. В результате формируется материал, подаваемый на флотацию крупных частиц, остатки которой представляют собой свободно-стекающий материал.

Обычно размеры частиц для флотации крупных частиц не превышают максимальной величины, для которой ценные минералы открыты в достаточной степени для флотации с достаточным извлечением, чтобы формировались песчаные остатки, подходящие для отбрасывания в отходы. Минимальная величина определяется размером частиц, при котором установка флотации крупных частиц может эффективно работать с формированием удаляемого свободно-стекающего песка. В зависимости от минералогического состава, характеристик растрескивания и разрушения рудоносной руды и конструкции системы классификации эта минимальная величина обычно составляет примерно

100-200 микрон, а максимальная величина обычно находится в диапазоне 350-600 микрон. В зависимости от диапазона размеров частиц для флотации крупных частиц и эффективности классификации при этом отсеивании для такой флотации отбирается примерно 40-60% всего потока, направляемого на измельчение, и остальная часть направляется на традиционную флотацию.

В традиционном процессе пенной флотации размеры частиц обычно не превышают 0,1 мм (100 мкм). Частицы руды смешивают с водой для формирования суспензии, и нужному минералу придают гидрофобность посредством добавления поверхностно-активного вещества или реагента-собирателя. Конкретный реагент зависит от характеристик извлекаемого минерала. Затем эту суспензию гидрофобных и гидрофильных частиц вводят в резервуары, флотационные камеры, которые аэрируются для образования пузырьков. Гидрофобные частицы прикрепляются к воздушным пузырькам, которые поднимаются на поверхность, образуя пену. Пену выводят из флотационной камеры для получения концентрата целевого минерала. В суспензию могут быть введены пенообразующие средства, вспениватели, для содействия образованию устойчивой пены в верхней части флотационной камеры. Минералы, не всплывшие в пену, указываются как отходы флотации или флотационные хвосты. Эти хвосты могут быть также подвергнуты дополнительным стадиям флотации для извлечения ценных частиц, которые не всплыли в первый раз. То есть, осуществляется перечистка, извлечение полезных продуктов из отходов.

Размеры частиц нижней фракции процесса классификации идеально подходят для традиционной флотации, в то время как для частиц, размеры которых превышают примерно 200 микрон, эффективность традиционной флотации существенно снижается.

Верхнюю фракцию процесса классификации рециркулируемой загрузки шаровой мельницы (выше верхней границы, выбранной для флотации крупных частиц) возвращают на дополнительное измельчение. Благодаря расширенному диапазону размеров частиц, которые отсеиваются, существенно снижается расход энергии на процесс измельчения.

Песчаные отходы после флотации крупных частиц содержат мало открытых сульфидов. Они составляют 70-80% отсеянного материала, направляемого на

флотацию крупных частиц. Они имеют достаточно высокую гидропроводность, и могут гидравлически транспортироваться в отвалы, которые дренируются для возврата воды.

Промежуточный концентрат, получаемый в результате флотации крупных частиц, составляет остающиеся 20-30% материала, подаваемого на эту флотацию. Он требует повторного измельчения для полного высвобождения минералов перед традиционной флотацией или во флотационной камере первичной флотации вместе с мелкой фракцией, получаемой в результате классификации материала, получаемого из шаровой мельницы, или непосредственно во флотационных перечистных камерах.

В варианте флотации крупных частиц размеры частиц могут быть увеличены с повышением верхней величины диапазона, скажем, до 0,8-1,5 мм. Этот вариант осуществления изобретения обычно используется, когда производственная мощность рудника ограничивается процессами тонкого измельчения, традиционной флотации или хранения хвостов, включая суммарное количество доступной воды для рудника. В этом варианте увеличенная часть рециркулируемой загрузки шаровой мельницы отсеивается и обогащается, хотя крупная фракция остатков флотации крупных частиц не будет такого сорта, который может быть сразу же отправлен в отходы. Некоторая часть (но не бóльшая) наиболее крупных частиц подаваемого материала имеет открытые поверхности сульфидов и будет всплывать. Таким образом, из крупной фракции частично отобраны ценные минералы, хотя не в достаточной степени, чтобы эту фракцию можно было немедленно направить в отходы. Таким образом, все остатки флотации крупных частиц подвергают дополнительной классификации для отделения крупного песка с частично отобранными ценными минералами, размеры частиц которого превышают нормально выбранную максимальную величину для оптимального извлечения в процессе флотации крупных частиц. Затем этот обедненный крупнозернистый материал может быть складирован в сухом виде для переработки на более позднем этапе работы рудника. В этом варианте повышается дополнительно пропускная способность шаровых мельниц, и соответствующее профилирование качества обеспечивает возможность повышения выпуска продукции с помощью традиционной флотации сразу после добычи руды.

Интеграция системы обогащения

За счет выбора конфигурации объемной сортировки, просеивания и флотации крупных частиц экономический эффект зон высокосортной и низкосортной руды, разное поведение ценных минералов при разрушении рудоносной породы, а также избирательное высвобождение и отделение пустой породы становятся синергетическими факторами. Объемная сортировка использует естественную неоднородность на уровне рудных зон. Просеивание использует естественную неоднородность на уровне отдельных обломков рудоносной породы. И флотация крупных частиц использует неоднородность на уровне частиц песка. Последовательные стадии также обеспечивают взаимную компенсацию, заключающуюся в том, что может использоваться недорогое второе средство, предотвращающее долговременное хранение ценных компонентов, которые могут не попасть в нужный поток на предыдущей стадии обогащения, и обеспечивающее отбрасывание пустой породы, которая ошибочно была направлена в поток породы с ценными компонентами.

Хотя многоступенчатый процесс обогащения может быть сконфигурирован самыми разными способами, однако наиболее экономичное решение для рудника с длительным сроком эксплуатации обычно обеспечивает максимизацию выпуска продукции из имеющихся ресурсов. Дерево принятия решений, показанное для этого случая на фиг. 4, является примером принципов конструирования, которые могут быть применены, и соответствующего обоснования для выбора заданных параметров.

На схеме фиг. 4 ссылочные номера указывают: 60 - Рудник; 62 - Качество руды выше минимально допустимой величины для переработки?; 64 - Нет; 66 - Да; 68 - Отходы; 70 - Объемная сортировка для отбрасывания отходов; 72 - Просеивание для отбора кусков породы с высоким содержанием ценного компонента; 74 - Заданные параметры выбираются (установки датчика объемной сортировки и размера ячеек грохота) для максимизации отбрасывания отходов с содержанием ценного компонента ниже минимально допустимой величины; 76 - Добыча руды превышает возможности по ее переработке?; 78 - Да; 80 - Нет; 82 - Вторая стадия объемной сортировки (и/или просеивания);84 - Классификация и флотация крупных частиц (CPF); 86 - Традиционная флотация; 88 - Отвал низкосортного материала; 90 - Пропускная способность ограничивается другими

факторами, напр. водой/хвостами?; 92 - Да; 94 - Нет; 96 - Классификация для отбора верхней фракции; 98 - Заданные параметры выбираются для размеров частиц в процессе классификации для максимизации сортности и массы материала, подаваемого в процесс традиционной флотации, при сохранении высокого суммарного выхода переработки.

Точное распределение стадий обогащения и их заданных параметров для каждого рудного тела и для каждой оптимизированной экономической модели будет разным. В качестве примера на фиг. 5 иллюстрируется потенциальное влияние на потребление энергии, расход воды и образование хвостов в альтернативной конфигурации изобретения, которая направлена на увеличение срока эксплуатации рудника с продолжением экономии воды и энергии и увеличением выпуска продукции. Благодаря использованию изобретения часть породы, которая в противном случае отбрасывалась бы и оставалась в карьере, увеличивая в нем минерализованные отходы, теперь преобразуется в руду (то есть, в материал, содержание ценного компонента в котором выше минимально допустимого промышленного содержания). Расширенный источник руды подвергается сортировке и просеиванию для отбрасывания существенной части руды в качестве отходов ("пустой породы в карьере", содержание ценного компонента в которой ниже минимально допустимого промышленного содержания). В процессе флотации крупных частиц дополнительно отбрасываются отходы в форме сухого песка в отвалах, в результате чего количество руды, направляемой на тонкое измельчение для традиционной флотации, существенно уменьшается. Поскольку основная часть потребляемой энергии и воды тратится на тонкое измельчение, требующееся для традиционной флотации, необходимого количества руды, которому соответствует высота дамбы хвостохранилища, потребление воды и энергии на единицу продукции уменьшается более чем в два раза, и срок эксплуатации ресурса увеличивается.

Резюмируя, можно сказать, что объединяя три процесса обогащения, которые используют разные формы неоднородности руды, изобретение позволяет обеспечить повышенное извлечение из рудного тела ценных компонентов за счет снижения минимально допустимого содержания, а также обеспечивает возможность увеличения количества пустой породы, отбрасываемой в сухой форме, и возможность складирования низкосортной

руды для ее тонкого измельчения на более позднем этапе работы рудника. В этом случае, в свою очередь, снижается потребление воды и энергии, которая тратится на измельчение, и количество вырабатываемых хвостов сокращается до незначительной части исходной добытой руды. В результате эксплуатационные расходы снижаются, и капиталоотдача перерабатывающего оборудования существенно повышается.

Способ по настоящему изобретению отличается следующими достоинствами и преимуществами:

- Минимизируются требования к работам по управлению качеством в карьере, в результате чего упрощается разработка месторождения.
- Качество руды, направляемой на измельчение, может быть повышено более чем на 10%, предпочтительно более чем на 20%, и более предпочтительно более чем на 30%.
- Конечное минимально допустимое промышленное содержание ценного компонента в рудном теле может быть снижено более чем на 10%, предпочтительно более чем на 20%, и более предпочтительно более чем на 30%.
- Суммарное количество мелких хвостов, образующихся из обычной несортированной руды, может быть снижено до менее 50% от количества мелких хвостов, образующихся при традиционной технологии переработки, предпочтительно до менее 40%, и даже более предпочтительно до менее 30%.
- Суммарное количество энергии, используемой для измельчения, может быть снижено до менее 50% от количества энергии, потребляемой при традиционной переработке, предпочтительно до менее 40%, и даже более предпочтительно до менее 30%.
- Суммарное количество воды, поглощаемой хвостами, может быть снижено до менее 50% от количества воды, потребляемой при традиционной переработке, предпочтительно до менее 40%, и даже более предпочтительно до менее 30%.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Комплексный способ извлечения ценных металлов из сульфидной руды, включающий:

а) получение дробленой руды;

б) объемную сортировку и просеивание дробленой руды с получением потока отсортированной/просеянной крупнокусковой руды и потока отходов;

в) измельчение потока отсортированной/просеянной крупнокусковой руды в мельнице с последующей классификацией для получения крупной фракции, подходящей для флотации крупных частиц и первой мелкой фракции, подходящей для традиционной флотации;

г) флотацию крупных частиц в отношении крупной фракции, подходящей для флотации крупных частиц, для получения пустой породы и промежуточного концентрата;

д) измельчение промежуточного концентрата для получения второй тонкой фракции, подходящей для флотации; и

е) традиционную флотацию первой тонкой фракции и второй тонкой фракции с получением концентрата и хвостов.

2. Способ по п. 1, в котором на стадии а) руду раздробляют до размеров, подходящих для загрузки руды на конвейер для подачи на измельчение на стадии в).

3. Способ по п. 2, в котором на стадии а) руду раздробляют до размеров в диапазоне от 5 см до 40 см.

4. Способ по п. 1, в котором объемную сортировку на стадии б) осуществляют с помощью установки объемной сортировки, содержащей ленту конвейера с отклоняющим механизмом, управляемым датчиком, обеспечивающим непрерывный анализ, причем отклоняющий механизм отбрасывает в поток отходов низкосортные зоны породы, содержание ценного

компонента в которых не соответствует заданной минимально допустимой величине (CoG).

5. Способ по п. 4, в котором датчик, обеспечивающий непрерывный анализ, представляет собой быстродействующий сканирующий датчик.

6. Способ по п. 5, в котором датчик представляет собой датчик магнитного резонанса или нейтронной активации, или рентгеновского излучения.

7. Способ по п. 4, в котором минимально допустимое содержание определяют в результате геостатистического анализа буровых кернов, полученных из месторождения руды.

8. Способ по п. 1, в котором на стадии б) дробленую руду подвергают объемной сортировке с последующим просеиванием или просеиванию с последующей объемной сортировкой.

9. Способ по п. 1, в котором на стадии б) дробленную руду подвергают объемной сортировке, получая поток отсортированной крупнокусковой руды, которую подвергают измельчению на стадии в), и первый поток отходов.

10. Способ по п. 9, в котором поток отсортированной крупнокусковой руды просеивают, получая поток просеянной крупнокусковой руды, которую подвергают измельчению на стадии в), и второй поток отходов.

11. Способ по п. 10, в котором размер ячеек грохота, используемого для просеивания потока крупнокусковой руды, выбирают для получения потока просеянной крупнокусковой руды, который составляет 80-90 мас.% потока крупнокусковой руды после объемной сортировки.

12. Способ по п. 10, в котором на стадии б) первый поток отходов просеивают, получая третий поток отходов и фракцию более высокого качества,

которую направляют на измельчение в измельчительном устройстве на стадии в) вместе с потоком отсортированной/просеянной руды.

13. Способ по п. 12, в котором размер ячеек грохота, используемого для просеивания первого потока отходов, выбирают для извлечения 15-25 мас.% потока.

14. Способ по п. 1, в котором на стадии в) руду измельчают и классифицируют для отделения частиц размерами менее 1000 микрон.

15. Способ по п. 1, в котором на стадии в) руду подвергают классификации для обеспечения крупной фракции, подходящей для флотации крупных частиц, и первой мелкой фракции, подходящей для традиционной флотации.

16. Способ по п. 15, в котором на стадии в) руду подвергают классификации для обеспечения крупной фракции, подходящей для флотации крупных частиц, с размерами частиц в диапазоне от 100 до 1000 мкм, и первой мелкой фракции, подходящей для традиционной флотации, с размерами частиц менее 100 мкм.

17. Способ по п. 16, в котором на стадии в) руду подвергают классификации для обеспечения крупной фракции, подходящей для флотации крупных частиц, с размерами частиц в диапазоне от 150 до 1000 мкм, и первой мелкой фракции, подходящей для традиционной флотации, с размерами частиц менее 150 мкм.

18. Способ по п. 17, в котором на стадии в) руду подвергают классификации для обеспечения крупной фракции, подходящей для флотации крупных частиц, с размерами частиц в диапазоне от 200 до 1000 мкм, и первой мелкой фракции, подходящей для традиционной флотации, с размерами частиц менее 200 мкм.

19. Способ по п. 1, в котором на стадии д) промежуточный концентрат измельчают до размеров частиц менее 150 мкм для обеспечения второй тонкой фракции, подходящей для традиционной флотации.

20. Способ по п. 1, в котором определяют кривые содержания/извлечения для руды месторождения, и каждую из следующих стадий обогащения:

i) объемная сортировка;

ii) просеивание;

iii) флотация крупных частиц

осуществляют и регулируют для непрерывного отбрасывания максимального количества отходов, содержание ценного компонента в которых ниже минимально допустимого промышленного содержания.

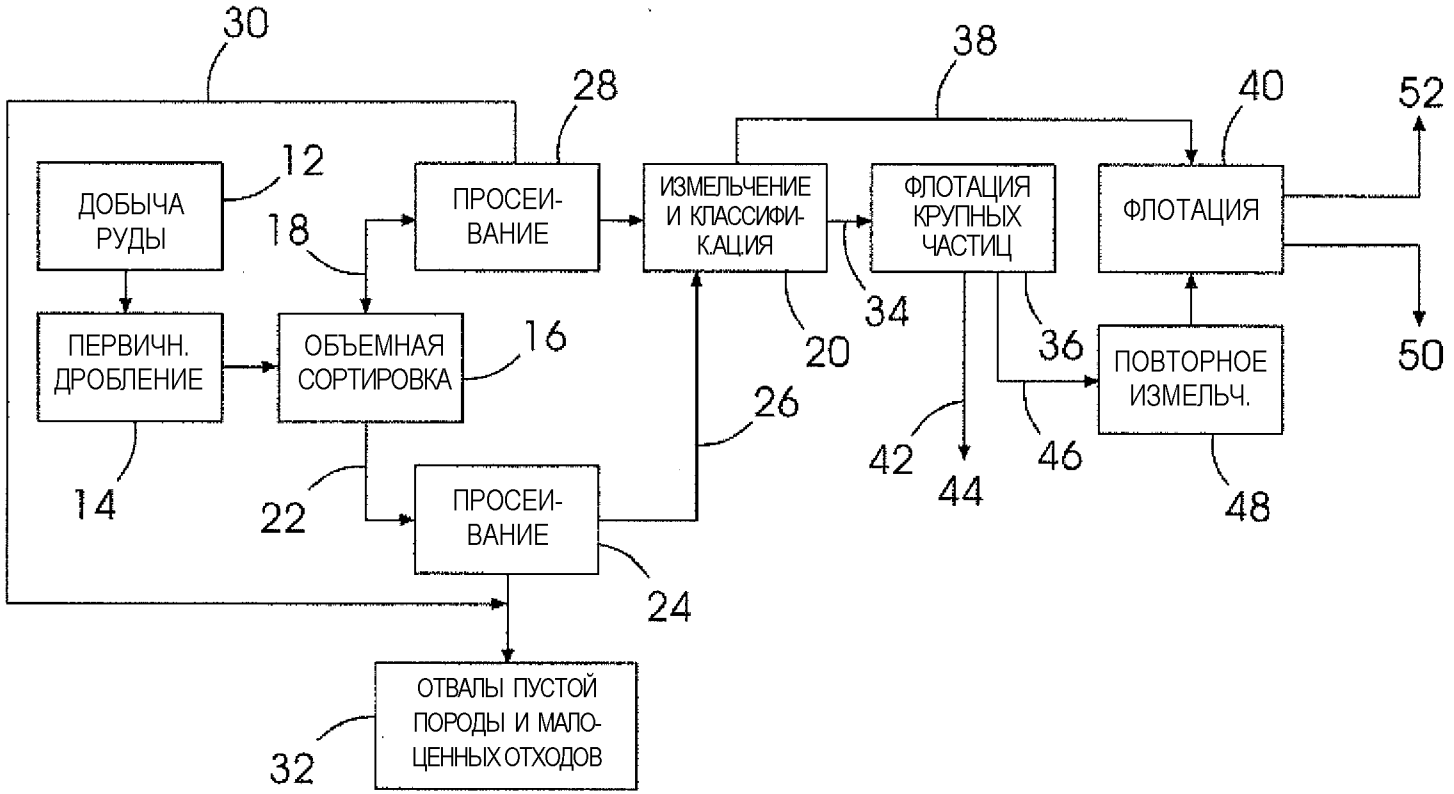
21. Способ по п. 20, в котором стадии обогащения:

i) объемная сортировка;

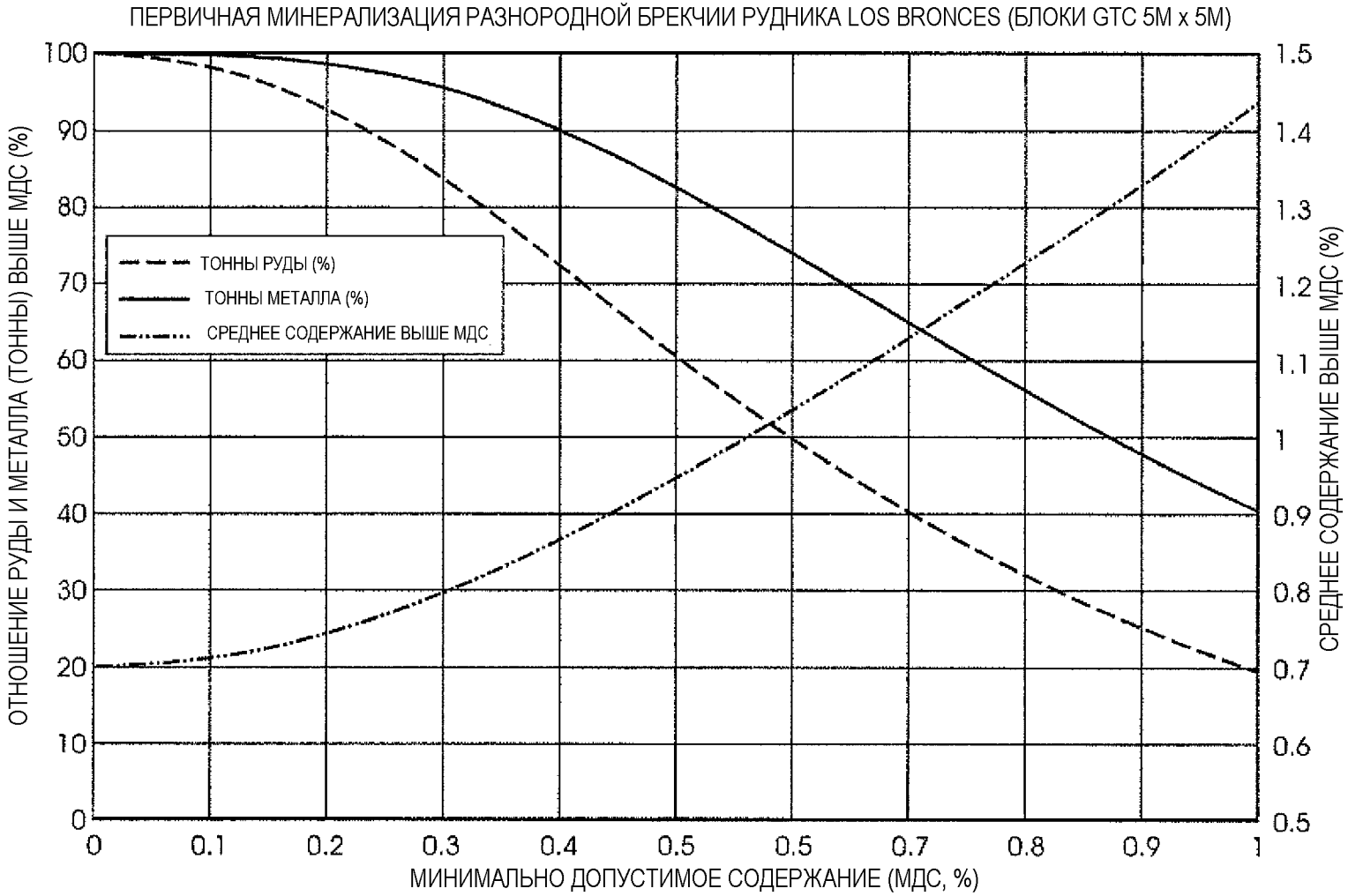
ii) просеивание;

iii) флотация крупных частиц

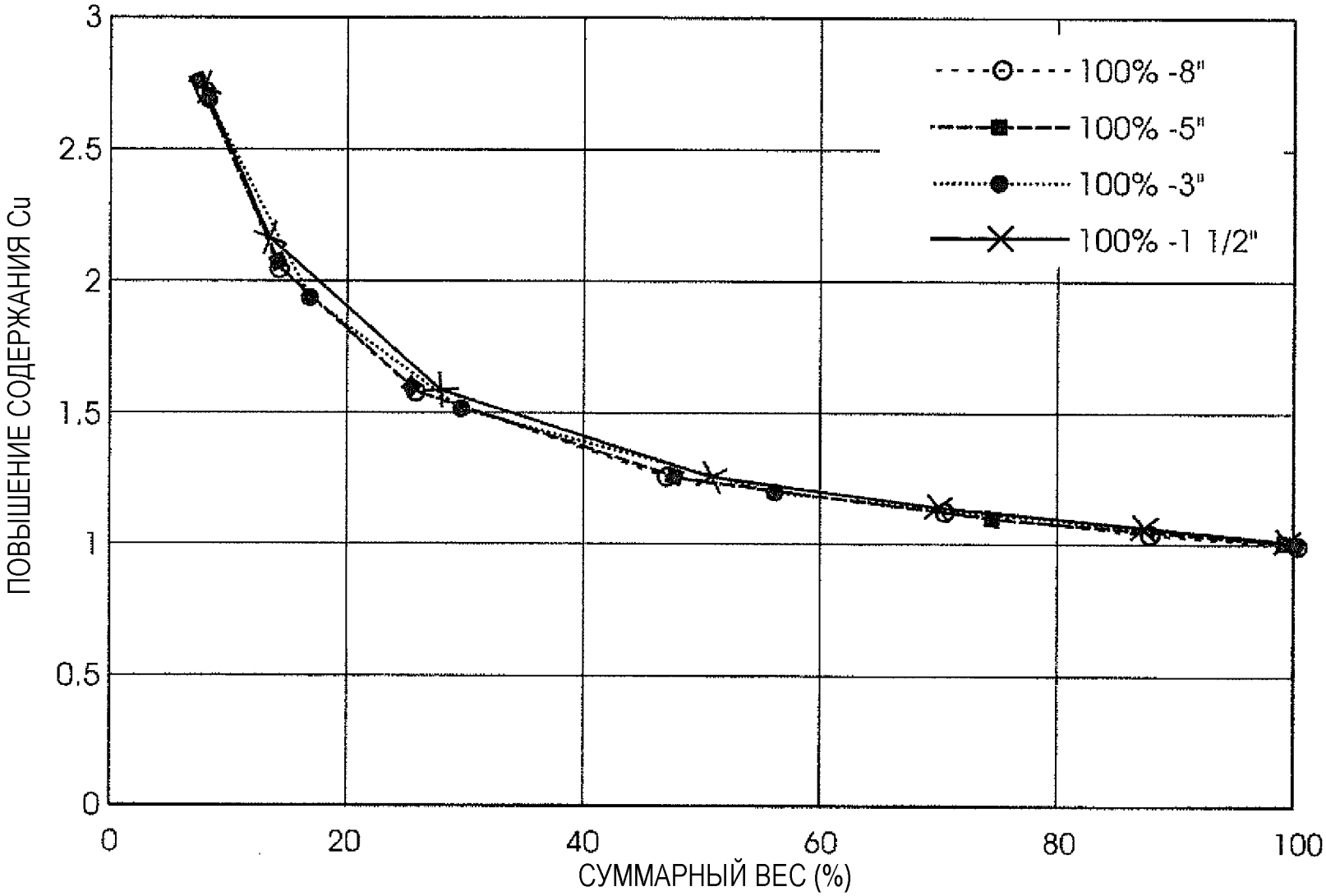
осуществляют и регулируют также для отделения низкосортной руды, подходящей для накопления или выщелачивания в отвалах, и, соответственно, для получения высокосортной руды, подаваемой для загрузки имеющихся мощностей по измельчению и традиционной флотации.


30
28
38
40
52
12
ДОБЫЧА РУДЫ
ПРОСЕИ-ВАНИЕ
ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ И КЛАССИФИ-КАЦИЯ
ФЛОТАЦИЯ КРУПНЫХ ЧАСТИЦ
ФЛОТАЦИЯ
18
ПЕРВИЧН. ДРОБЛЕНИЕ
ОБЪЕМНАЯ СОРТИРОВКА
16
20
34
36
ПОВТОРНОЕ ИЗМЕЛЬЧ.
50
26
42
44
46
14
22
ПРОСЕИ-ВАНИЕ
48
24
ОТВАЛЫ ПУСТОЙ ПОРОДЫ И МАЛО-ЦЕННЫХ ОТХОДОВ
32

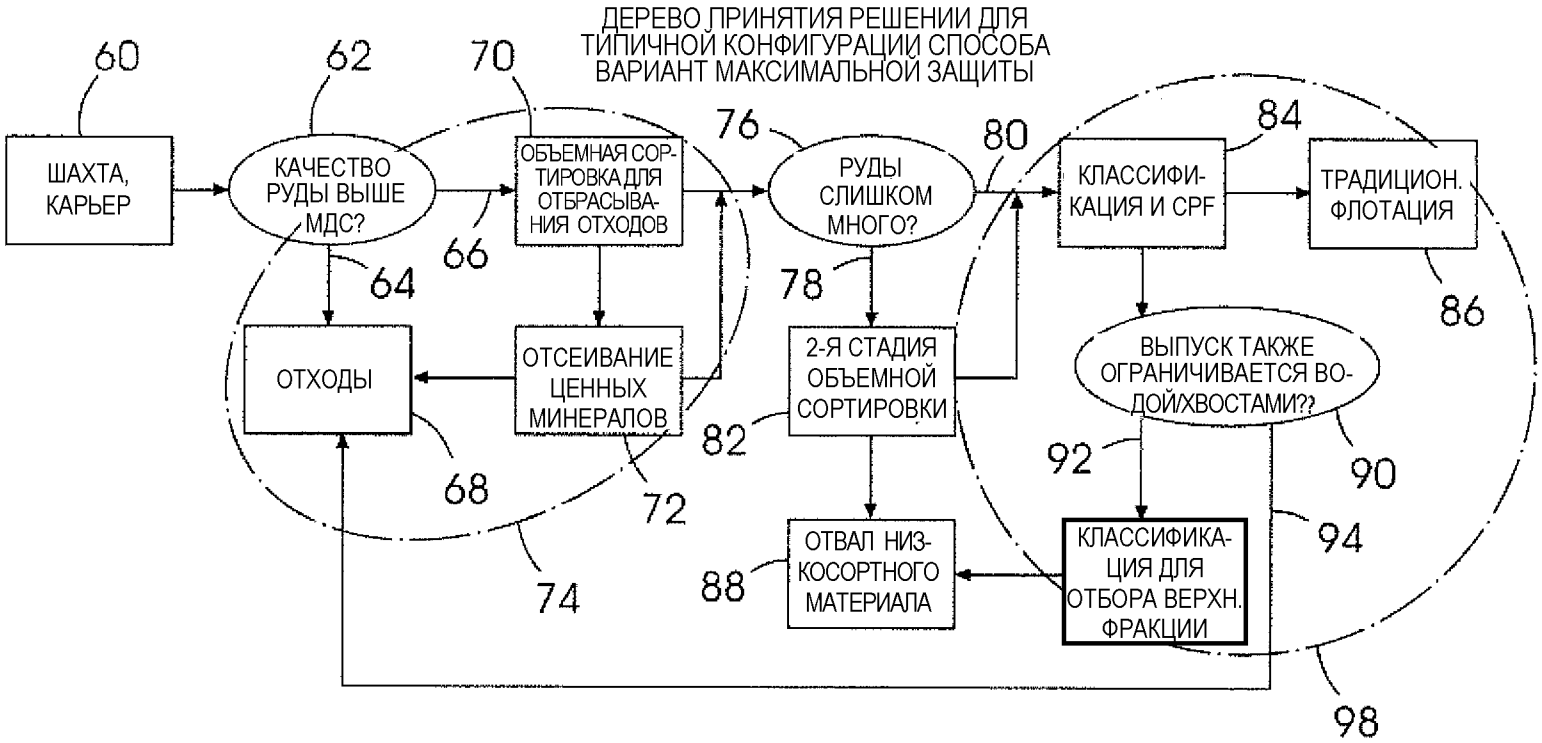
Фиг. 1


ПЕРВИЧНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ РАЗНОРОДНОЙ БРЕКЧИИ РУДНИКА LOS BRONCES (БЛОКИ GTC 5M x 5M)
ОТНОШЕНИЕ РУДЫ И МЕТАЛЛА (ТОННЫ) ВЫШЕ МДС (%)
СРЕДНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ВЫШЕ МДС (%)
МИНИМАЛЬНО ДОПУСТИМОЕ СОДЕРЖАНИЕ (МДС, %)
ТОННЫ РУДЫ (%)
ТОННЫ МЕТАЛЛА (%)
СРЕДНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ВЫШЕ МДС
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.5
1.4
1.3
1.2
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.5
0.7
0.8
0.9
1

Фиг. 2

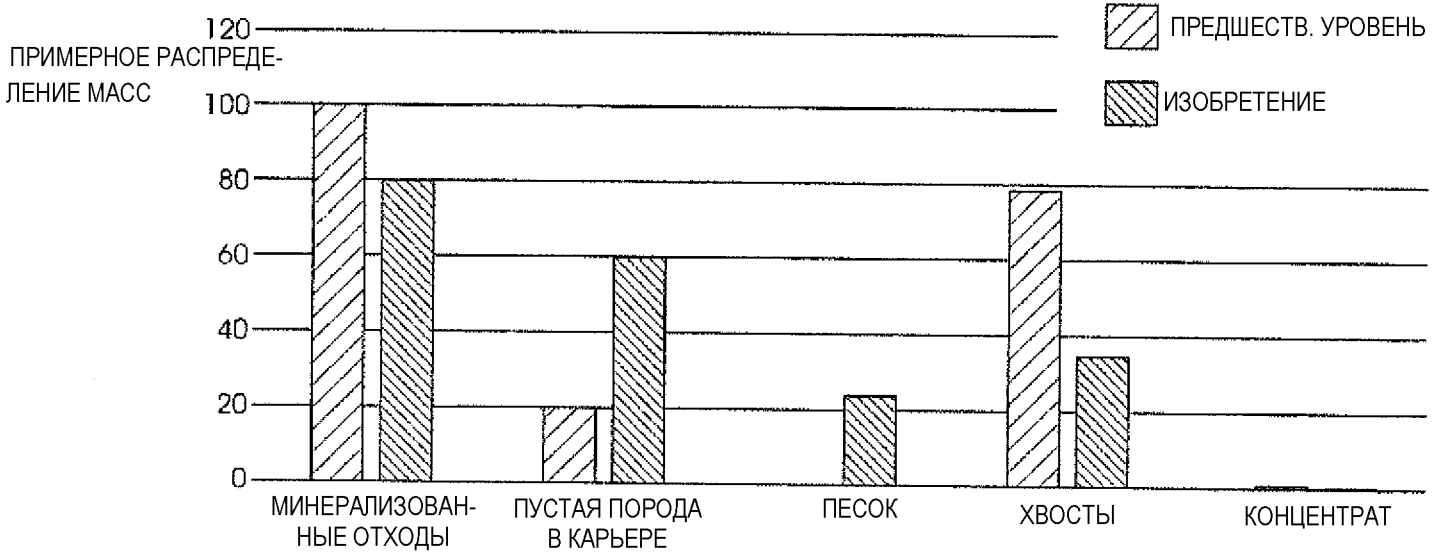

ПОВЫШЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ Cu
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
20
40
60
80
100
СУММАРНЫЙ ВЕС (%)
100% -8"
100% -5"
100% -3"
100% -1 1/2"

Фиг. 3


ДЕРЕВО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИИ ДЛЯ ТИПИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ СПОСОБА ВАРИАНТ МАКСИМАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ
60
62
70
76
80
84
ШАХТА, КАРЬЕР
КАЧЕСТВО РУДЫ ВЫШЕ МДС?
ОБЪЕМНАЯ СОРТИРОВКА ДЛЯ ОТБРАСЫВАНИЯ ОТХОДОВ
РУДЫ СЛИШКОМ МНОГО?
КЛАССИФИКАЦИЯ И CPF
ТРАДИЦИОН. ФЛОТАЦИЯ
64
66
78
86
ОТХОДЫ
ОТСЕИВАНИЕ ЦЕННЫХ МИНЕРАЛОВ
2-Я СТАДИЯ ОБЪЕМНОЙ СОРТИРОВКИ
ВЫПУСК ТАКЖЕ ОГРАНИЧИВАЕТСЯ ВОДОЙ/ХВОСТАМИ??
82
92
90
68
72
94
74
88
ОТВАЛ НИЗКОСОРТНОГО МАТЕРИАЛА
КЛАССИФИКАЦИЯ ДЛЯ ОТБОРА ВЕРХН. ФРАКЦИИ
98

Фиг. 4

ТВЕРДЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПОЛУЧАЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ РУДЫ
СРАВНЕНИЕ ТРАДИЦИОННОГО СПОСОБА С ИЗОБРЕТЕНИЕМ НА ПРИМЕРЕ МЕДНОГО РУДНИКА



ВОДА (ВЕС.%)	5	5	10	40	10
ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ (кВт-ч/т)	0	0	5	20	20
МЕДЬ (ВЕС.%)	0.1	0.2 / 0.15	0.1	0.1	25

Фиг. 5