

УДК 681.54

АНАЛИЗ И УЧЕТ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ФЛОТАЦИИ КАЛИЙНЫХ РУД

Д.С. ОЛИФЕРОВИЧ, Л.Ю. ШИЛИН, С.В. БАТЮКОВ, В.Н. ПРИГАРА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 15 октября 2008

Установлено влияние температуры, процентного содержания полезного компонента, вида и плотности пульпы на процесс флотации калийных руд. Предложено для анализа флотационной пульпы использовать техническое зрение.

Ключевые слова: автоматическое управление, флотация.

Введение

Флотационный метод обогащения калийных руд получил широкое распространение на горно-обогатительных калийных предприятиях по всему миру. Данный способ обогащения руд имеет множество факторов, влияющих на его работу. Выявление этих факторов, их учет в технологическом процессе позволяет настроить процесс флотации оптимальным образом для извлечения полезного компонента из руды.

Теоретический анализ

Эффективность обогащения определяют следующие факторы:

- обогатимость измельченной руды, которая зависит от размеров и формы вкрапленности извлекаемого минерала KCl, крупности измельчения, минерального состава и наличия примесей нерастворимого остатка;
- подготовка пульпы к флотации — реагентный режим, кондиционирование;
- организация флотационного каскада в смысле циркуляции промпродуктов в перечистных и контрольных операциях.

Для технологического процесса переработки сильвинита важным является качество природных руд с точки зрения содержания в них полезного минерала и вредных для переработки глинистых примесей, оказывающих осложняющее влияние на процесс обогащения калийных руд и на взаимодействие минералов с реагентами в процессе их флотационного обогащения [1].

Поступающая на обогащение руда содержит значительное количество водонерастворимых примесей, которые в процессе переработки превращаются в тонкий (мелкий), практически не фильтрующийся материал — глинистый шлам. Содержание глинистых материалов в руде колеблется от 3 до 12% [2]. Полезный компонент сильвин (KCl) по своему содержанию в руде также значительно колеблется и составляет 18–35% от общей массы руды. Остальная масса руды представлена хлористым натрием (NaCl), не вызывающим особых осложнений при флотации сильвина (KCl).

Содержащееся в нерастворимом остатке тонкодисперсное глинистое вещество оказывает существенное влияние на поверхностные свойства солевых минералов, особенно в условиях обработки их поверхностно-активными веществами (реагентами).

Различие физико-химических свойств поверхностей очень близких по своей природе солевых минералов достигается обработкой их специфически действующими реагентами, в результате чего создаются условия прилипания зерен к пузырькам воздуха и удаления большей части зерен сильвинита во флотационную пену. При этом галит и нерастворимый остаток остаются в пульпе.

Флотация солей проводится в растворе, насыщенном по составляющим породе компонентам (калию и натрию). Раствор отличается сильным пенообразованием, повышенной вязкостью и поверхностным натяжением. При этом флотируемость солей зависит от изменения состава раствора, избирательной коагуляции ряда солей, интенсивного мицеллообразования и высаливания реагентов. Это приводит к ослаблению или даже полной потере собирательных и пенообразующих свойств ряда реагентов, применяемых при обогащении других полезных ископаемых.

Из факторов, определяющих успех флотационного процесса, весьма важным является реагентный режим, под которым подразумевается ассортимент применяемых реагентов, их расход, порядок подачи в процесс и время контакта с пульпой. Для эффективного управления процессом флотации необходимо исследовать факторы, влияющие на расходы реагентов, а для этого, в свою очередь, исследовать принципы построения технологической схемы обогащения, выявить цели управления, возмущения и управляющие воздействия. Кроме того, без стабилизации некоторых параметров или приведения их к оптимальному режиму проведение мероприятий по управлению реагентным режимом окажется неэффективным из-за наложения многих возмущающих факторов.

Применяемые при обогащении руд реагенты подразделяются по своему назначению на собиратели, депрессоры и пенообразователи (есть модификаторы). Наибольшее значение имеют два первых типа реагентов, поскольку концентрированные растворы солей обладают сильной пенообразующей способностью, что обуславливает пониженные требования к реагентам-пенообразователям.

При флотации сильвина в качестве собирателя используют катионоактивные реагенты, в частности первичные алифатические амины, которые взаимодействуют с поверхностью минералов полезного компонента KCl, образуют на нем оболочку, придающую гидрофобность. Это и позволяет минералу соединиться с пузырьками воздуха и всплыть в пену концентрата. Однако помимо KCl и NaCl в исходной руде содержатся глинистые примеси, обладающие развитой поверхностью. Они способны сильно диспергировать при измельчении руды и активно адсорбировать молекулы амина. Наибольший интерес с точки зрения влияния на процесс разделения калийных солей оказывает тонкодисперсная глинистая фракция 0,001 мм. Удельная поверхность глинистых шламов, доступная катионно-активному собирателю — амину, составляет 350–370 м²/т. Солевой шлам представлен тонкодисперсным сильвином и галитом крупностью 60 мкм, он образуется при переизмельчении минералов в процессе добычи, транспортировки, подготовки руды к флотации и непосредственно во флотационных камерах [1].

Уже при нахождении в пульпе около 1% глинистых шламов процесс флотации почти полностью затухает. Особенно невыгодно в этом отношении отличаются руды солигорских калийных рудников. При сравнительно низком содержании полезного компонента (15–35%) KCl они содержат довольно много глинистых шламов (нерастворимого остатка) — 8% и выше. Это обстоятельство требует применения специальных реагентов-депрессоров и использования технологии предварительного обесшламливания руды для выведения глинистых шламов из пульпы, поступающей на флотационное обогащение.

В качестве депрессора применяется дорогостоящее вещество — натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (техническое название — тилоза), изготавливаемая из дефицитного органического сырья. Депрессирующее действие тилозы на флотоактивные глинистые шламы основано на гидрофилизации поверхности шламов за счет адсорбции на них молекул тилозы, благодаря чему резко ухудшаются условия адсорбции на шламах молекул собирателя и затрудняется выход глинистых шламов. При смешивании раствора тилозы с пульпой происходит взаимодействие путем адсорбции на частицах нерастворимого остатка пленки тилозы, придающей им гидрофильность. Это мероприятие позволяет производить процесс флотации при значительном наличии нерастворимого остатка в пульпе флотации при ограниченном расходе доро-

гостоящего собирателя. При этом расход тилозы на секцию в г/ч определяется зависимостью, аппроксимированной уравнением первого порядка, и может быть рассчитан по формуле:

$$Q_T C_T = Q_{П} \rho_{П} p_{П} \alpha_{П} K_{П} + Q_{ТО} \quad (1)$$

где Q_T — объемный расход тилозы на флотомашину, м³/ч; C_T — концентрация тилозы, г/м³; $Q_{П}$ — объемный расход пульпы, подаваемой на флотацию, м³/ч; $\rho_{П}$ — плотность пульпы, т/м³; $p_{П}$ — весовая часть твердой фазы в единице веса пульпы, доли ед.; $\alpha_{П}$ — содержание нерастворимого остатка в твердой фазе питания флотации в относительных единицах; $K_{П}$ — коэффициент, определяющий расход тилозы на единицу расхода нерастворимого остатка, содержащегося в пульпе, г/т; $Q_{ТО}$ — начальный расход тилозы, г/ч.

Однако, невзирая на обработку пульпы депрессором, при высоком содержании нерастворимого остатка в рудах солигорского бассейна часть нерастворимого остатка все же флотируется и попадает в концентрат.

Для снижения расхода реагентов, повышения извлечения полезного компонента в концентрат и уменьшения отрицательного влияния нерастворимого остатка, флотируемого в концентрат, на последующие стадии технологического процесса (фильтрацию, сушку), а также на качество концентрата, определяемое его слеживаемостью, на обогатительных фабриках ПО "Беларуськалий" применена схема многостадийного обесшламливания пульпы перед флотационным обогащением.

Пульпа откачивается в приемный карман основной флотации, куда добавляется маточник для обеспечения большего разжижения и собиратель для гидрофобизации полезного компонента. Пульпа питания флотации каждой секции состоит из двух потоков: Q_j — пески гидроциклонов (крупная фракция), nQ_2 — часть разгрузки колонной машины (мелкая фракция).

Каждый из этих продуктов в единице объема содержит различное количество нерастворимого остатка, представленного различным гранулометрическим составом, а следовательно, несет разную поверхность нерастворимого остатка, способную адсорбировать реагенты. Эти продукты требуют обработки депрессором с различным расходным коэффициентом на единицу расхода твердой фазы пульпы

$$Q_{Ti} C_T = K_{1i} Q_{1i} \rho_{1i} p_{1i} + K_2 Q_{2i} \rho_2 p_2 \quad (2)$$

где Q_{Ti} — общий расход тилозы на секцию, м³/ч; C_T — концентрация тилозы, г/м³; K_{1i} — расходный коэффициент тилозы на твердую фазу в песках гидроциклонов, г/т; K_2 — расходный коэффициент тилозы на твердую фазу разгрузки колонной машины, г/т; Q_{1i} — расход пульпы песков гидроциклона на секцию, м³/ч; Q_{2i} — расход пульпы разгрузки колонной машины на i -ю секцию, м³/ч; ρ_{1i} — плотность пульпы песков гидроциклонов i -й секции, т/м³; ρ_2 — плотность пульпы разгрузки колонной машины, т/м³; p_{1i} — весовая часть твердой фазы в единице веса пульпы песков гидроциклонов i -й секции в относительных единицах; p_2 — весовая часть твердой фазы в единице веса пульпы разгрузки колонной машины.

Расходный коэффициент тилозы на твердую фазу пульпы разгрузки колонной машины для всех секций одинаков, так как это общий продукт для всех восьми секций с одними и теми же свойствами, в том числе и содержанием нерастворимого остатка. Колебания расхода пульпы с восьмиструйного пульподелителя значительны и определяются уровнем в пульподелителе, изменениями потоков пульпы на другие секции. Эти изменения не всегда своевременно могут быть обнаружены флотатором. При этом коррекцию расхода тилозы на изменившиеся потоки пульпы, несущие значительную поверхность частиц глинистых шламов, флотатор делает по отклонению процесса от нормы, что сопряжено с потерями извлечения полезного компонента в концентрат, перерасходом реагентов.

Для эффективного ведения процесса допускается лишь небольшой избыток реагентов по отношению к оптимуму, так как значительное превышение содержания реагентов над оптимальным приводит не только к дорогостоящим потерям, но в ряде случаев резко ухудшает коэффициент извлечения. Это объясняется тем, что между оптимальным расходом аминов и оптимальным расходом тилозы существует определенная взаимосвязь. Недостаточная концентрация тилозы в пульпе ведет обычно к тому, что значительная часть аминов поглощается шламами и, следовательно, требует повышенного расхода аминов. С другой стороны, избыток аминов

в пульпе увеличивает флотуемость не только полезного минерала, но некоторой части шламов.

Точно также избыточная концентрация тилозы подавляет флотуемость не только шламов, но и части полезного минерала.

Равномерная (оптимальная) дозировка флотореагентов имеет решающее значение для стабилизации технологического процесса, а следовательно, и для получения оптимальных технико-экономических показателей.

Наиболее существенное влияние на концентрацию реагентов в пульпе оказывает неравномерная подача руды. В этих условиях должен использоваться метод пропорционального регулирования для обеспечения требуемой концентрации реагентов в пульпе и расхода его на тонну руды. Однако регулирование соотношения реагенты–руда не учитывает изменения свойств руды. Поэтому более совершенным является дозирование реагентов по содержанию полезного компонента и нерастворимого остатка в руде при стабилизации расхода руды с учетом размеров частиц компонентов.

Экспериментальная часть

Одним из важных факторов, влияющих на результаты флотации, является плотность пульпы, характеризующая отношение жидкое/твердое (ж:т) среды. Концентрация твердой фазы влияет на необходимую концентрацию реагентов и количество засасываемого воздуха, на качество концентрата и извлечение полезного компонента в концентрат. Причем влияние это сказывается довольно разнообразно.

С одной стороны, при увеличении количества частиц возрастает вероятность столкновения их с пузырьками воздуха. Кроме того, при увеличении плотности пульпы и стремлении сохранить постоянным количество пенообразователя на 1 т материала, увеличивается концентрация пенообразователя в объеме, что приводит к увеличению размера пузырьков и их прочности. Эти факторы увеличивают скорость флотации, улучшают качество хвостов, повышают извлечение полезного компонента в концентрат.

С другой стороны, при более плотной пульпе уменьшается свобода движения частиц, увеличивается возможность механического захвата нежелательного материала минерализованными пузырьками и увлечение их в пену. Это ухудшает избирательность флотации и качество концентрата. Таким образом, изменением плотности пульпы можно регулировать соотношение между качеством концентрата и потерями в хвостах. На практике основную флотацию ведут в более густой пульпе для получения более высокого извлечения, перечистную - в разбавленной среде для получения чистых концентратов.

Отношение ж:т определяет время флотации, которое в свою очередь определяет извлечение и содержание КС1 в хвостах и концентрате (рисунок).

Увеличение времени флотации за счет уменьшения отношения ж:т приводит к сокращению количества засасываемого воздуха, уменьшению аэрирования пульпы и, как следствие, к повышению КС1 в хвостах и нерастворимом остатке, в пенном продукте. При увеличении ж:т уменьшается время флотации, а при ж:т выше 3,0 создаются турбулентные потоки, снижающие вероятность столкновения частиц с пузырьками воздуха, что также приводит к ухудшению показателей процесса. Согласно регламента ж:т питания флотации составляет 2,5÷3,0.

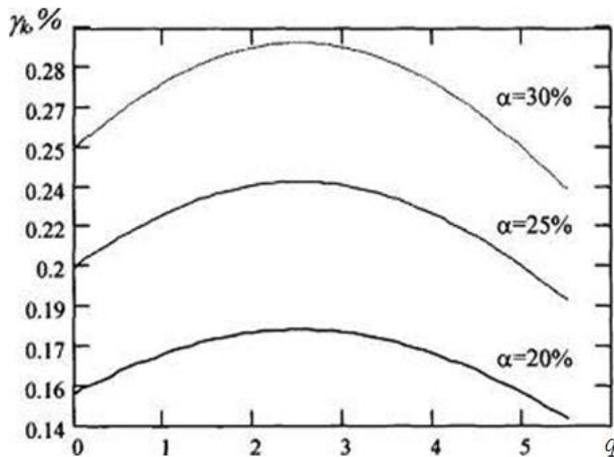


Рис. 1. Зависимость выхода концентрата от весового соотношения жидкой и твердой фаз питания флотации (α — содержание КС1 в руде, γ_k — выход концентрата, q — весовое соотношение ж:т)

Поскольку определяющее значение на результаты флотации оказывает вероятность столкновения пузырьков воздуха с минеральными частицами, количество пузырьков и их дисперсность (степень аэрации) являются важными факторами в процессе флотации. Максимальной скорости флотации соответствует и лучшая аэрированность пульпы. Чем большее число пузырьков и их размеры, тем больше скорости флотации. Степень аэрации во многом зависит от состояния оборудования, в особенности от степени износа лопастей импеллера. Изменчивость этого фактора приводит к изменчивости количества засасываемого во флотокамеру воздуха и размеров воздушных пузырьков. От скорости импеллера и количества подаваемого воздуха зависит также высота слоя пены.

Влияние температуры пульпы сильно сказывается при флотации сильвина. С изменением температуры изменяется собирательное действие аминов, что связано с растворимостью минерала и образующихся соединений. В большинстве случаев повышение температуры интенсифицирует флотацию, но почти всегда при этом уменьшается избирательность процесса. Установлено, что есть связь между температурой раствора и действием аминов. Обычно при более низкой температуре среды приходится применять амины с большей степенью насыщенности. Поэтому при сезонном изменении температуры переходят от одного вида аминов к другому или нужно обеспечивать температуру постоянной.

Влияние растворимости минералов на результаты флотации усматриваются в следующем: на хорошо растворимых минералах образование прочного гидрофобного покрова затрудняется из-за отслаивания образующих пленок собирателя в связи с растворением подпленки.

Условия флотации — реагентный режим, плотность аэрирования пульпы и другие параметры также изменяются при флотации материала различной крупности. Увеличение расхода собирателя улучшает флотируемость крупных частиц, увеличение расхода пенообразователя (до определенных пределов) — флотируемость мелких. Флотация мелких частиц обычно требует большого расхода реагента депрессора, снижает скорость и селективность флотации. Слишком крупные частицы флотируются также плохо и вызывают потери КС1 в хвостах флотации. Это связано с существованием предела размеров частиц, выше которого они не способны удержаться на пузырьке при флотации. Мелкие частицы лучше всего флотируются в плотных пульпах, крупные — в разбавленных. Оптимальный размер частиц для каждого отдельного случая имеет, таким образом, индивидуальные значения.

Одним из важных факторов, влияющих на удельный расход реагентов при флотации сильвина, является наличие в обратном (чистом) маточнике нерастворимого остатка. Повышенное содержание нерастворимого остатка довольно часто имеет место, невзирая на то, что технологическим регламентом не допускается ведение технологического процесса при наличии в маточнике нерастворимого остатка, а в количественном отношении этот фактор даже не регламентируется. Так в связи с увеличением нагрузок по руде на технологические секции до 200 т/ч (при проектной 120 т/ч) и повышения общей производительности СОФ по переработке руды возросло количество нерастворимого остатка, вводимого в процесс. Это не сопровождалось вводом дополнительных площадей сгустителей для осветления маточника, что и привело к осложнению проведения этого процесса. На повышение нерастворимого остатка в маточнике сказывается также неоптимальное дозирование коагулянта (полиакриламида) по сгустителям с учетом их режимов работы, концентрации этого реагента и расхода поверхности нерастворимого остатка на каждый сгуститель. Технологический регламент предусматривает контроль таких параметров маточника лабораторией отдела технического контроля, как содержание в нем КС1, суммы солей КС1+NaCl, температуры, удельного веса, а наличие в нем нерастворимого остатка

не контролируется и не фиксируется. Технологический персонал определяет визуально прозрачность маточника, поступающего в аппараты, и, если маточник мутный, производит перенастройку технологического процесса.

Дополнительное количество нерастворимого остатка, вносимое с маточником в пульпу, требует дополнительной подачи депрессора для гидрофилизации поверхности с целью сокращения расхода собирателя, который легко адсорбируется на развитой поверхности нерастворимого остатка.

Анализ кинетической модели процесса флотации

Комплексно описать процесс флотации позволяют кинетические закономерности, которые дают возможность разработать методы расчета аппаратов и схем управления процессом и наметить пути его интенсификации. На основе закона действия масс было выведено уравнение скорости флотации: скорость выноса частиц в пену пропорциональна концентрации воздушных потоков и минеральных частиц:

$$\frac{dC}{dt} = kN^m C^n, \quad (3)$$

где C — концентрация частиц; k — константа кинетики; N — концентрация воздушных пузырьков; m, n — порядок флотации по твердому и воздуху [3].

Так как во флотационных аппаратах недостатка свободной поверхности жидкость–газ не ощущается, то изменением концентрации пузырьков можно пренебречь. Наиболее вероятно столкновение одного пузырька с одной частицей, поэтому $n=1$. Тогда

$$\frac{dC}{dt} = -kC. \quad (4)$$

В извлечениях уравнение (4) выглядит

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = k[1 - \varepsilon(t)]. \quad (5)$$

Интегрируя уравнение (5) при условии $\varepsilon(0)=0$ имеем уравнение Белоглазова:

$$\varepsilon(t) = 1 - e^{-kt}. \quad (6)$$

Границы применимости уравнения (6) определяются сделанными при его выводе допущениями. На практике никогда не выполняется допущение об идентичности свойств флотируемых зерен, которые должны отличаться по содержанию полезного компонента, крупности, форме и т.д. Не всегда выполняется допущение об избытке свободной поверхности воздушных пузырьков. Если начальная минерализация превышает 15–20 %, то процесс флотации отклоняется от первого порядка.

Большинство авторов главным аргументом в пользу порядка флотации, отличного от единицы, считают отклонение экспериментальных данных от первого порядка. Аппроксимируя результаты опытов, ряд исследователей получили второй порядок флотации. В других исследованиях порядок варьируется в широких пределах от 1 до 6 [1].

Учет различия исходного материала по флотируемости привел к усложнению уравнения (6):

$$\varepsilon(t) = \sum_{i=1}^n a_i (1 - e^{-k_i t}). \quad (7)$$

Наиболее общей оценкой флотируемости является константа скорости кинетики флотации, характеризующая крупность частиц, их физико-химические свойства, во многом определяемые номенклатурой используемых флотационных реагентов, и гидродинамические параметры аппарата [4].

Если в пульпе находится несколько классов частиц и каждый класс удовлетворяет допущениям, принятым при выводе уравнения Белоглазова, то суммарное извлечение определяется по (7). Так как в пульпе присутствуют сростки частиц различных классов, то можно считать, что частицы образуют непрерывное распределение по флотуемости и уравнение (7) можно записать в виде

$$\varepsilon(t) = \int_0^{\infty} \varphi(k)(1 - e^{-kt}) dk \quad (8)$$

где $\varphi(k)$ — распределение по флотуемости.

Простейший способ введения по флотуемости — учет нефлотуемого остатка. Материал делится на две фракции. Частицы, оставшиеся в камерном продукте, образуют нефлотуемый остаток C_0 . Тогда зависимость извлечения от времени предстанет в виде

$$\varepsilon(t) = (1 - e^{kt})(1 - \frac{C_{\infty}}{C_0}), C(0) = C_0. \quad (9)$$

Однако использование такой модели не дает больших преимуществ при исследованиях. Более эффективным представляется использование модели с непрерывным распределением по флотуемости (8). При моделировании процесса флотации наряду с распределением частиц по флотуемости используется распределение частиц по времени пребывания в аппарате $E(t)$, которое выступает как характеристика аппарата. Однако $E(t)$ не дает возможности построить достаточно обоснованное управление флотомашинной, так как время пребывания частицы в аппарате зависит помимо свойств аппарата и от флотуемости частицы. Введение в модель флотации трехмерного распределения — распределения массы вещества по крупности частиц, минеральному составу и флотуемости приводит к существенному усложнению моделей, но не дает желаемых результатов.

Перспективным является использование одномерного распределения вещества по константе кинетики k , выделяя множитель характеризующий степень аэрации создаваемую аппаратом. Флотационная активность вещества k определена как способность вещества закрепляться на единице свободной поверхности пузырька в единицу времени, в единице объема, при единичной концентрации. В уравнение (6) k входит следующим образом:

$$\varepsilon(t) = 1 - e^{-kSt}, \quad (10)$$

где S — свободная поверхность пузырьков в единице объема пульпы, м/м.

Численно флотуемость k равна объемному количеству m^3 частиц минерала, переходящих в единицу времени 1 с на единицу свободной поверхности пузырьков 1 м при единичной концентрации (объемной доле) данных частиц в пульпе. Величина k носит вероятностный характер и для каждого конкретного малого объема является величиной случайной, а для всего объема флотомашинной — средней величиной.

Введение вероятностной функции распределения частиц вещества по флотуемости $\gamma(k)$ и зависимости содержания ценного компонента в частицах от их флотуемости ($\beta(k)$) дает возможность получить прямую количественную связь между вещественным составом, полностью характеризующимся функциями $\gamma(k)$ и $\beta(k)$ и обогащаемым минеральным сырьем. Функции $\gamma(k)$ и $\beta(k)$ связаны с кривыми кинетики извлечения твердого и ценного компонента следующими соотношениями:

$$\varepsilon^*(t) = 1 - \int_0^{\infty} \gamma(k)e^{-kSt} dk, \quad (11)$$

$$\varepsilon_{\beta}(t) = 1 - \frac{1}{\beta} \int_0^{\infty} \gamma(k)\beta(k)e^{-kSt} dk, \quad (12)$$

где $\varepsilon^*(t)$ и $\varepsilon_{\beta}(t)$ — извлечение всего твердого и ценного компонента; β — среднее содержание полезного компонента в материале; S — степень аэрации.

Функции $\gamma(k)$ и $\beta(k)$ характеризуют сырье с точки зрения его способности к флотационному обогащению, дают возможность на основе двух кривых зависимостей извлечения всего твердого и извлечения полезного компонента получить предельные кривые обогатимости, рассчитать ожидаемые результаты флотации. Основной проблемой в этом случае становится определение функций $\gamma(k)$ и $\beta(k)$, т.е. сводится к задаче определения распределения вещества по флотиремости [2].

Заключение

Исследование процесса флотации калийной руды показало наличие большого числа входных и возмущающих воздействий с широким диапазоном изменения параметров. Агрессивность и специфические особенности продуктов обогащения усложняют процесс автоматического контроля и управления процессом флотации. Существующие автоматические системы измерения качественных показателей не обеспечивают нужной точности. Необходим комплексный и системный подход для разработки автоматической системы контроля и управления параметрами процесса. Из-за нестационарности объекта математические модели, описывающие процесс, быстро становятся неадекватными. Ввиду агрессивности сред и влияния на процесс флотации большого числа факторов для анализа флотационной пены предлагается использовать систему технического зрения (бесконтактный датчик). Данного рода системы реализуются с помощью вебкамер и информация от них обрабатывается в вычислительной машине по определенному алгоритму. Достоинством этого рода систем является то, что предоставляется возможность одновременно анализировать несколько факторов, влияющих на процесс флотации.

THE ANALYSIS AND THE ACCOUNT OF FACTORS INFLUENCING TECHNOLOGICAL PROCESS OF FLOTATION OF POTASH ORES

D.S. OLIFEROVICH, L.Y. SHILIN, S.V. BATUKOV, V.N. PRIGARA

Abstract

The factors influencing process of flotation of potash ores are revealed and analyzed. Influence of following factors is established: temperature, percentage of a useful component, a kind and pulp density.

Литература

1. Барский Л.А., Рубинштейн Ю.Б. Кибернетические методы в обогащении полезных ископаемых. М., 2002.
2. Хан Г.А., Картунин В.П., Сорокер Л.В., Скрипочак Д.А. Автоматизация обогатительных фабрик М., 1974.
3. Подлесная З.С., Махлянкин И.Б., Сквирский Л.Я. // Флотационное обогащение калийных руд: Труды ВНИИГ / Под ред. С.Н. Титкова. Л.: ВНИИГ. 1975.
4. Sadr-Kazemi N., Cilliers J.J. // Mining Engineering. 1997. Vol. 10, № 10. P. 1075–1083.