

ЭКОЛОГИЯ

УДК 504.064.4: 622.7

УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАБОТАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ В СОСТАВЕ СОБИРАТЕЛЕЙ ДЛЯ ФЛОТАЦИИ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ

Клейн Михаил Симхович,
доктор технических. наук, профессор
Вахонина Татьяна Евгеньевна,
ст. преподаватель.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия,
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Аннотация. На основе изучения химических и физических характеристик углеводородов, их смесей и добавок ПАВ разработаны условия эффективного использования отработанных минеральных масел в составе масляных собирателей и показана перспективность использования таких собирателей при флотации угольных шламов по технологическим, экологическим и экономическим показателям.

Ключевые слова: флотация, минеральные масла, масляная аэроагломерация, реагентный режим.

Использование отработанных минеральных масел (ОММ) в составе аполярного собирателя для флотации угольных шламов весьма перспективно с экономической и экологической точек зрения, т.к. позволяет сократить затраты на реагенты и потребление чистых нефтепродуктов, а также утилизировать вторичное углеводородное сырье [1]. С технологической точки зрения введение ОММ в собиратель может оказывать различное влияние на флотоактивность реагента в зависимости от свойств и количества ОММ в собирателе, условий его применения и характеристики флотируемой пульпы. При этом большое количество применяемых индивидуальных углеводородов и различное их содержание в промышленных реагентах усложняет изучение механизма их действия в условиях флотации и затрудняет подбор реагентов, обладающих оптимальными флотационными характеристиками для конкретных условий процесса.

При изучении факторов, влияющих на эффективность введения ОММ в состав собирателя, в первую очередь рассматривался вопрос подбора наиболее близких по химическому и групповому составу масел по отношению к традиционным эффективным масляным реагентам керосину и газойлю. Анализ литературных источников [2] и экспериментальные исследования хроматографическим методом показали, что изученные образцы минеральных масел по этому признаку практически не отличаются от керосино-газойлевых фракций и могут использоваться в составе реагентов.

При изучении влияния физических характеристик масел на флотоактивность реагентов и на оптимальные условия их применения поэтапно рассматривались процессы от подачи реагента в

пульпу до образования флотационного комплекса пузырек-частица.

Первый этап - адсорбция собирателя на поверхности частиц угля при подготовке пульпы перед флотацией. Масляные собиратели практически нерастворимы в воде и образуют с водой эмульсии масло-вода. Для флотации важнейшей характеристикой эмульсии является размер масляных капель, поскольку от этого зависит количество капель, вероятность их столкновения и закрепления на частицах угля и, в результате, количество адсорбированного масла на поверхности частиц. Согласно теоретическим и экспериментальным данным [3] основными факторами, определяющими дисперсность масляных эмульсий в воде, являются поверхностное натяжение на границе раздела масло-вода, плотность масла и интенсивность перемешивания пульпы.

Поверхностное натяжение на границе раздела масло-вода определялось методом взвешивания отрывающихся капель воды с учетом массы вытесненной жидкости [4] в среде различных углеводородов, их смесей и при добавлении поверхностно-активных веществ (ПАВ). По результатам измерений можно отметить небольшое различие величины поверхностного натяжения масел и керосино-газойлевых фракций, значительно отличающихся по молекулярной массе и вязкости. Введение во все углеводородные жидкости ПАВ приводит к резкому снижению поверхностного натяжения, причем для керосино-газойлевых фракций поверхностное натяжение снижается примерно в два раза, а для масел – в 3-4 раза.

Дисперсность масляных эмульсий определялась двумя способами: на фотоколориметре и по фотографиям, сделанным на оптическом и цифро-

вом микроскопах с последующим определением дисперсного состава эмульсии.

Изучалось влияние диссипации энергии (интенсивности перемешивания) и добавок ПАВ на дисперсность масляных эмульсий различного состава. Экспериментальные результаты позволили установить, что для получения эмульсии смеси термогазойля и ОММ со средним размером капель 5-10 мкм необходимо перемешивание при диссипации энергии свыше 3 Вт/кг и добавление ПАВ к смеси в количестве до 5%. При этом дисперсность эмульсии смеси термогазойля и ОММ практически не отличается от дисперсности эмульсии термогазойля.

При изучении влияния крупности капель масла на величину адсорбции их на частицах угля использовались теоретические зависимости на основе определения вероятностей столкновения, закрепления и удержания капель на частицах угля [5]. Установлено, что с увеличением дисперсности эмульсии величина адсорбции масла на частицах угля повышается за счет роста числа капель в пульпе, хотя вероятности столкновения и закрепления одной капли снижаются. Для создания необходимых условий для эффективных межфазных взаимодействий при перемешивании угольно-масляных суспензий рекомендуется использовать подготовку пульпы перед флотацией методом масляной аэроагломерации (МАА) [6]. Этот процесс обеспечивает увеличение адсорбции капель масла на частицах угля различной крупности и образование аэроагрегатов из омасленных пузырьков воздуха и микрочастиц угля, что позволяет интенсифицировать последующую флотацию угольных шламов.

На втором этапе закрепившиеся на частицах капли масла растекаются по угольной поверхности, образуя масляные пленки и линзы, увеличивая при этом площадь омасленной поверхности и, тем самым, повышая вероятность прилипания частиц угля к пузырькам воздуха при флотации. На этом этапе определяющим фактором является смачиваемость угольной поверхности маслом в воде, которая оценивается по величине краевого угла смачивания, и зависит от поверхностного натяжения на границе раздела масло-вода, вязкости масла и гистерезиса смачивания.

Измерения краевых углов смачивания проводились в воде с помощью цифрового горизонтального микроскопа по фотографиям капель углеводородных жидкостей, посаженных снизу на специально подготовленную чистую поверхность частиц угля. Проведены измерения краевых углов смачивания угольной поверхности индивидуальными нефтепродуктами и их смесями, а также с добавками к ним ПАВ, которые показали, что керосин и термогазойль намного лучше смачивают поверхность угля по сравнению с ОММ. Использование ОММ в смеси с термогазойлем и, особенно, с добавками небольшого количества

ПАВ существенно повышают смачиваемость угольной поверхности и, следовательно, увеличивают площадь омасленной угольной поверхности при подготовке пульпы.

Эффективность первых двух этапов проявляется на третьем этапе при образовании флотационного комплекса пузырек-частица, определяя скорость и прочность прилипания частиц к пузырькам, т.е. флотоактивность собирателя. Известно, что добавки углеводородных масел, обладающих высокой молекулярной массой, повышают вязкость реагента. Влияние вязкости масляных реагентов на флотацию весьма разнообразно, т.к. от нее зависят свойства флотационной пены, устойчивость закрепления масел на поверхности минералов, прочность прилипания частиц к воздушным пузырькам и др. Результаты измерений вязкости показывают существенное влияние добавок ОММ на вязкость аполярного собирателя и обуславливают необходимость установления взаимосвязи вязкости и флотоактивности реагента. В работе [7] рассмотрен механизм действия масляных реагентов и показано, что положительное влияние вязкости аполярных реагентов на флотацию крупных частиц хорошо согласуется с гистерезисным механизмом их действия. Установленные в работах [8] зависимости величины силы отрыва частицы от воздушного пузырька от времени действия отрывающего усилия и вязкости аполярного реагента позволили сделать вывод, что упрочнение контакта между частицей и пузырьком связано с наличием вязкостных сил, возникающих в масляной пленке при перемещении по ней каймы аполярного реагента. Гистерезисный механизм действия аполярных собирателей объясняет улучшение флотации крупных частиц реагентами повышенной вязкости и отсутствие упрочнения контакта пузырька и частицы в статических условиях, когда скорость сокращения периметра невелика и, следовательно, величина гистерезисной силы небольшая.

Для оценки влияния вязкости масляных реагентов на скорость прилипания частиц к пузырьку на контактном приборе [9] проведены измерения времени индукции угольных частиц крупностью 0,5-1,0 мм, обработанных эмульсиями аполярных реагентов различной вязкости. Из полученных данных следует, что при добавлении реагента любой вязкости время индукции снижается. При этом, чем меньше вязкость масла, тем значительнее сокращается время прилипания.

Таким образом, при повышении вязкости масляных реагентов скорость прилипания частиц к пузырьку воздуха уменьшается, а прочность закрепления их на пузырьке увеличивается. Поскольку влияние вязкости аполярных реагентов на условия прилипания и закрепления частиц на пузырьке не однозначно, вязкость оптимально действующих реагентов в зависимости от крупности и плотности флотируемых частиц будет раз-

личной. Граничная крупность частиц угля, выше которой применение вязких углеводородов целесообразно, составляет 0,4-0,5 мм.

На основании проведенных исследований установлено, что для эффективного использования ОММ в составе масляных собирателей необходимо:

- смешивание ОММ с керосино-газойлевыми фракциями при содержании ОММ в смеси не более 50% для получения оптимального по флотоактивности и физическим характеристикам (вязкость, температура замерзания и др.) реагента;

- введение ПАВ в состав смеси в количестве не менее 1 % для повышения дисперсности масляной эмульсии за счет снижения поверхностного натяжения и предотвращения коалесценции капель, а также улучшения смачивания маслом угольной поверхности;

- интенсивное перемешивание угольно-масляной суспензии перед флотацией при диссипации энергии свыше 3 Вт/кг для создания необходимых условий взаимодействия мелких масляных капель с частицами угля.

Таким образом, собиратель с содержанием до 50% ОММ не уступает по флотоактивности собирателю на основе только керосино-газойлевых фракций при условии эффективной подготовки пульпы перед флотацией методом МАА и введения небольшого количества ПАВ. По технологическим, экологическим и экономическим показателям использование собирателя, содержащего ОММ, весьма перспективно при флотации угольных шламов, что подтверждается применением такого собирателя на углеобогатительных фабриках Кузбасса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахонина Т. Е. Использование отработанных моторных масел для флотации угольных шламов / Т. Е. Вахонина, М. С. Клейн, И. А. Горбунков // Вестник Кузбасского гос. техн. ун-та. – Кемерово, 2009. – № 1. – С. 15 – 17.
2. Вахонина Т.Е. Перспективы использования отработанных минеральных масел для производства флотореагентов / Т. Е. Вахонина, М.С. Клейн // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: Материалы IV Международной науч.- практ. конф. Междуреченск, 8-10 апреля 2015 г. – Кемерово, 2015. – С.112-114.
3. Брагинский Л. Н. Перемешивание в жидких средах / Л. Н. Брагинский, В. И. Бегачев, В. М. Бараш // Физические основы и инженерные методы расчета. – Л.: Химия, 1984. – 336 с.
4. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. – М.: Мир, 1979. – 568 с.
5. Клейн М.С. Интенсификация процессов очистки шламовых вод углеобогащения и утилизации шламов флото-агломерационными методами // Автореф. диссерт. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук. – Кемерово, 2006. - 32с.
6. Клейн М. С. Подготовка пульпы перед флотацией методом масляной аэроагломерации угольных частиц / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – Кемерово, 2012. – № 1. – С. 28-30.
7. Клейн М. С. Влияние вязкости аполярных реагентов на флотируемость крупных частиц / Клейн М.С., Байченко А.А. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – Кемерово, 2001. – № 1. С. 93-96.
8. Клейн М.С. Роль гистерезисных сил при флотации крупных частиц /М. С. Клейн, А. А. Байченко // Энергетические воздействия в процессах переработки минерального сырья. – Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1987. С.133-140.
9. Байченко А. А. Использование алюмокалиевых квасцов для депрессии доломита / А. А. Байченко, Н. В. Бурдин, М. С. Клейн // Вопросы горного дела. – Кемерово, 1974. – № 68. С. 236-247.

Поступило в редакцию 23.03.2015

UDC 504.064.4: 622.7

TERMS EFFICIENT USE OF WASTE MINERAL OILS COMPOSED OF COLLECTORS FOR THE FLOTATION OF COAL SLIMES

Klein Mihail S.,
Dr. Sc. . (Engineering), Professor
Vakhonina Tatyana E.,
Senior Lecture

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Abstract. On the basis of chemical and physical characteristics of hydrocarbon mixtures of surfactants and additives developed conditions for effective use of waste mineral oils in the composition of the oil collectors and shown that the use of such collectors in the flotation of coal slimes in technological, environmental and economic indicators.

Keywords: flotation, mineral oils, oil aeroagglomeration, reagent regime.

REFERENCES

1. Vahonina T. E. Ispol'zovanie otrobotannyh motornyh masel dlja flotacii ugol'nyh shlamov / T. E. Vahonina, M. S. Klejn, I. A. Gorbunkov // Vestnik Kuzbasskogo gos. tehn. un-ta. – Kemerovo, 2009. – № 1. – S. 15 – 17.
2. Vahonina T.E. Perspektivnye ispol'zovaniya otrobotannyh mineral'nyh masel dlja proizvodstva flotoreagentov / T. E. Vahonina, M.S. Klejn // Sovremennye tendencii i innovacii v naуke i proiz-vodstve: Materialy IV Mezhdunarodnoj nauch.- prakt. konf. Mezhdurechensk, 8-10 aprelja 2015 g. – Keme-rovo, 2015. – S.112-114.
3. Braginskij L. N. Peremeshivanie v zhidkikh sredah / L. N. Braginskij, V. I. Begachev, V. M. Bara-bash // Fizicheskie osnovy i inzhenernye metody rascheta. – L.: Himija, 1984. – 336 s.
4. Adamson A. Fizicheskaja himija poverhnostej. – M.: Mir, 1979. – 568 s.
5. Klejn M.S. Intensifikacija processov ochistki shlamovyh vod ugleobogashchenija i utilizacii shlamov flot-aglomeracionnymi metodami // Avtoref. dissert. na soisk. uchen. step. dokt. tehn. nauk. – Kemerovo, 2006. - 32s.
6. Klejn M. S. Podgotovka pul'py pered flotaciej metodom masljanoj ajeroaglomeracii ugol'nyh chastic / M. S. Klejn, T. E. Vahonina // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universite-ta. – Kemerovo, 2012. – № 1. – S. 28-30.
7. Klejn M. S. Vlijanie vjazkosti apoljarnyh reagentov na flotiruemos' krupnyh chastic / Klejn M.S., Bajchenko A.A. // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. – Kemerovo, 2001. – № 1. S. 93-96.
8. Klejn M.S. Rol' gisteresisnyh sil pri flotacii krupnyh chastic /M. S. Klejn, A. A. Bajchenko // Jenergeticheskie vozdejstvija v processah pererabotki mineral'nogo syr'ja. – Novosibirsk: IGD SO AN SSSR, 1987. S.133-140.
9. Bajchenko A. A. Ispol'zovanie aljumokalievyh kvascov dlja depressii dolomita / A. A. Bajchenko, N. V. Burdin, M. S. Klejn // Voprosy gornogo dela. – Kemerovo, 1974. – № 68. S. 236-247.

Received: 23.03.2015