

УДК 622.7:658.512; 622.7.017.2; 622.7:504.064.43;
622.753; 622.766.43

В.А. Козлов

СВОЙСТВА МАГНЕТИТОВОЙ СУСПЕНЗИИ, КАК РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ

Рассмотрены свойства магнетитовой суспензии, влияющие на технологию обогащения угля. Описаны способы улучшения ее свойств в процессе приготовления и дозирования в технологический процесс.

Ключевые слова: магнетитовая суспензия, плотность суспензии, вязкость суспензии

При обогащении угля, особенно трудной степени обогатимости, широкое распространение получил способ тяжелосредного обогащения, основанный на использовании в качестве разделительной среды магнетитовой суспензии. Знание ее физических свойств позволяет избежать ошибок в выборе схем подготовки и дозирования суспензии в технологический процесс.

Магнетитовая суспензия представляет собой механическую смесь магнетитового концентрата и воды в определенном соотношении. Содержание магнетита в воде будет определять плотность магнетитовой суспензии и, соответственно, плотность по которой уголь будет разделяться при погружении в суспензию. Легкий уголь под действием силы Архимеда, в общем случае, будет двигаться в направлении градиента силы тяжести в тяжелосредных сепараторах или в направлении градиента центробежной силы в тяжелосредных гидроциклонах к открытой поверхности суспензии. Легкая часть угля является концентратом низкой зольности, а тяжелая высокозольная часть угля –

порода – тонет и попадает в нижний продукт (отходы).

Важными требованиями к утяжелителю (твердой фазы суспензии) является его возможность образовывать устойчивую водную суспензию, доступность, нерастворимость в воде, химическая инертность, возможность его регенерации, экологическая безопасность. Этим требованиям наиболее полно удовлетворяет магнетитовый концентрат, предназначенный для производства стали, крупностью менее 200 мкм, получаемый на горно-обогатительных комбинатах, например, Южном, Ковдорском, Коршунском.

Так как магнетитовый концентрат обладает плотностью 4330-4680 кг/м³, то применяя его в качестве утяжелителя при приготовлении суспензии можно относительно легко приготовить суспензию заданной плотности в необходимом для обогащения угля диапазоне разделения 1250-2100 кг/м³.

На территории РФ принято разделять магнетит по гранулометрическому составу на три марки К (крупный), М (мелкий) и Т (тонкий) [1]. В настоя-

шее время на внутреннем рынке можно приобрести магнетит сортов М и Т, которые различаются в основном содержанием в классах 20-40 мкм и 0-20 мкм. Например, в сорте К содержание класса 20-40 мкм составляет 40-50 %, в сорте М содержание этого класса составляет 50-60 %, а в сорте Т – 60-75 %. Содержание класса 0-20 мкм в сорте К составляет менее 10%, в сорте М составляет 10-25 % и в сорте Т – 25-35 %.

Гранулометрический состав магнетита определяет устойчивость суспензии к расслоению. Точнее, устойчивость суспензии определяется содержанием тонких зерен 0-0,45 мкм, и концентрацией магнетита в суспензии. Если суспензия низкой плотности, менее 1350 кг/м³, то она характеризуется неустойчивостью – мелкий и крупный магнетит быстро оседает и происходит расслоение магнетита в суспензии. Как результат – невозможно поддерживать точно плотность разделения угля в процессе его обогащения. Таким образом, на выходе обогатительного аппарата будет сильно колебаться качество и выход концентрата. Решение этой проблемы видится в применении магнетита тонкого помола с содержанием зерен крупностью менее 45 мкм до 75-80 %, что позволит приготовить суспензию низкой плотности с более высокой вязкостью. Такая суспензия более устойчивая во времени, и позволяет стабильно поддерживать плотность разделения в обогатительных аппаратах.

При работе на высоких плотностях 1950-2050 кг/м³ необходимо использовать магнетит марки К, чтобы снизить вязкость суспензии.

Содержание магнитной фракции в магнетитовых концентратах обычно находится в пределах 94-98 %, и должно быть не менее 90 %, для того чтобы уменьшить потери магнетита в процессе регенерации. Магнитная проницаемость магнетита должна быть не менее 0,7, и обычно составляет 0,85-0,97.

Необходимо отметить, что чем тоньше магнетит, тем ниже его магнитная проницаемость и, соответственно, меньше вероятность его извлечения при регенерации, что предполагает увеличение потерь магнетита в процессе обогащения.

В углеобогащении большое значение отводится сохранению магнетита, для чего разработаны различные схемы регенерации магнетита, которые включают его отмывку от продуктов обогащения, что обычно выполняется на вибрационных грохотах, и извлечению магнетита из разбавленной водой некондиционной суспензии (подрешетного продукта грохотов), содержащей угольный шлам крупностью 0-1 мм. Осуществляется извлечение магнетита из пульпы на одно или двух барабанных сепараторах, в которых устанавливаются постоянные магниты, обеспечивающие напряженность магнитного поля на поверхности барабанов не менее 950 Гс (рис. 1).

Эффективность тяжелосреднего обогащения в значительной степени зависит от плотности суспензии и ее динамической вязкости. Вязкость суспензии определяется не только гранулометрическим составом магнетита, но и сильно зависит от количества в ней угольного шлама. Поэтому в производственных условиях можно пользоваться косвенным показателем оценки вязкости су-



Рис. 1. Двухбарабанный магнитный сепаратор фирмы «Eriez» (США) для регенерации магнетита

пензии – содержанием в ней угольного шлама класса 0-0,5 мм (или 0-1 мм).

Предельное содержание в суспензии твердой фазы (магнетита и шлама) составляет 32,5 %. При таком содержании твердого значение динамической вязкости суспензии будет находиться ниже значения 7×10^{-3} Па·с, которое принято за верхнюю границу вязкости и определяет приемлемую погрешность разделения в обогащательных аппаратах. Чем выше плотность суспензии, тем меньше должно быть в ней шлама. Поэтому определенную часть суспензии необходимо направлять на регенерацию для вывода из нее угольного шлама, поскольку обогащение в более вязкой среде проходит хуже чем менее вязкой среде. Например, содержание шлама в суспензиях с плотностями 1400-1600 кг/м³ допускается 300-370 кг/м³, а в суспензиях с плотностью более 1950 кг/м³ содержание шлама не должно превышать 100 кг/м³. Но при низкой плотности суспензии для улучшения ее устойчивости ре-

комендуется кроме угольного шлама добавлять в нее глинистые шламы до 24 % концентрации твердого.

Плотность твердой фазы суспензии можно рассчитать по формуле

$$\rho_m = \frac{P_{\text{ш}} + P_{\text{м}}}{P_{\text{ш}} / \rho_{\text{ш}} + P_{\text{м}} / \rho_{\text{м}}},$$

где $P_{\text{ш}}$ - масса угольного шлама в высушенной пробе сухого твердого, находящегося в суспензии; $P_{\text{м}}$ - масса магнетита в пробе сухого твердого; $\rho_{\text{ш}}$ - плотность

угольного шлама, для коксующихся углей принимаемая равной 1500 кг/м³; $\rho_{\text{м}}$ - плотность магнетита.

Плотность суспензии вычисляется по формуле

$$\rho_c = \frac{1000 + (P_{\text{м}} + P_{\text{ш}})(\rho_m - 1000)}{V \rho_m},$$

где ρ_m - средневзвешенная плотность сухого твердого в магнетитовой суспензии, вычисляемая по предыдущей формуле; $P_{\text{м}}$ и $P_{\text{ш}}$ - масса магнетита и угольного шлама, соответственно; V - объем суспензии.

В некоторых случаях для получения низкосольного концентрата требуемого качества необходимо разделение угля проводить при низкой плотности менее 1300 кг/м³, поэтому для приготовления суспензии рекомендуется применять тонкий магнетит, чтобы обеспечить устойчивость суспензии. Для этих случаев нами был разработан способ выделения тонкого магнетита из обычного, поставляемого с ГОКов марки М, и устройство, реализующее этот способ [2].

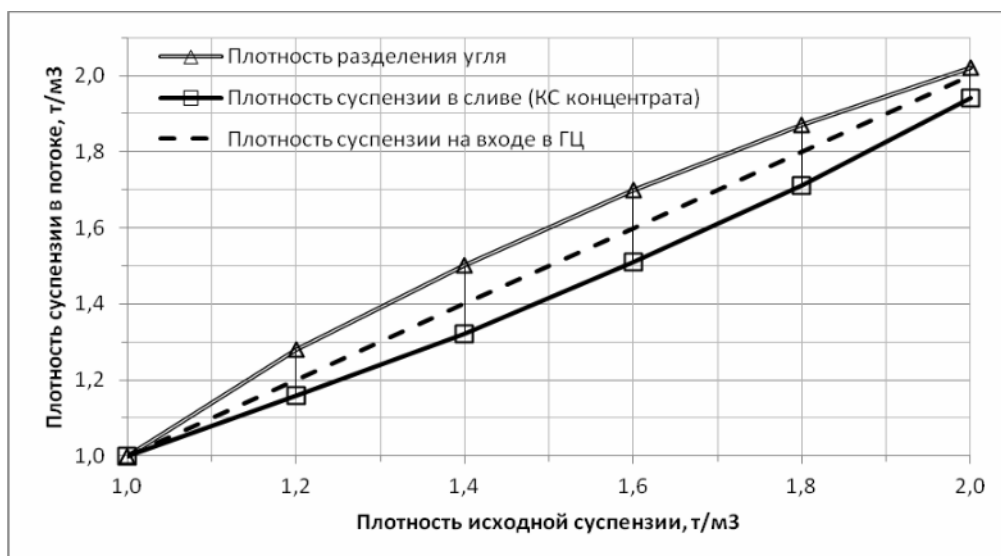


Рис. 2. Зависимость плотности магнетитовой суспензии в гидроциклоне (плотность разделения) и в сливе гидроциклона от плотности исходной суспензии

Существующий способ подачи магнетитовой суспензии в процесс предполагает, что при восполнении потерь магнетита производится единовременная перекачка приготовленной в отдельном зумпфе свежей суспензии высокой плотности в зумпфы питания обоганительных аппаратов, в результате скоротечного попадания в технологический процесс большого количества магнетита плотность суспензии в обоганительных устройствах резко повышается и превышает требуемую плотность разделения. В итоге на выходе обоганительного аппарата выходит концентрат более высокой зольности. Для понижения плотности рабочей суспензии в зумпфы питания обоганительных устройств подают воду для разбавления суспензии с целью понижения плотности. Через определенное время процесс восполнения потерь магнетита необходимо повторять. При таком способе дози-

рования магнетитовой суспензии фактическая плотность разделения в обоганительных аппаратах будет описываться периодическим законом изменения во времени с амплитудой 100-150 кг/м³, что предполагает колебания качества концентрата на выходе обоганительного аппарата.

В новом способе, разработанном в СЕТСО, приготовление магнетитовой суспензии для компенсации потерь магнетита и ее дозирование обеспечивает фактическую плотность разделения с амплитудой колебаний всего около 10 кг/м³, что стабилизирует качественные характеристики продуктов обогащения и позволяет поддерживать выход концентрата на максимальном уровне.

При приготовлении магнетитовой суспензии для тяжелосредного гидроциклона необходимо учитывать, что плотность разделения в гидроциклоне будет несколько выше, чем у приготовленной исходной суспен-

зии (рис. 2). Это связано с расслоением магнетита в суспензии за счет действия больших центробежных сил.

Плотность разделения, например в тяжелосреднем гидроциклоне, измеряется по косвенному показателю - измерением плотности суспензии, отделяемой от концентрата (сливного продукта) на дуговых ситах магнетитовой суспензии. Обычно для измерения плотности применяются дифманометры. Точность измерения плотности суспензии составляет на практике 30-50 кг/м³, что бывает достаточно при работе на сырье стабильного качества и на средних или высоких плотностях разделения.

Применяемый СЕТСО новый способ приготовления и дозирования магнетитовой суспензии позволяет обеспечить устойчивость процесса обогащения угля даже при низкой плотности разделения 1250-1350 кг/м³, стабилизировать качественные характеристики и выход продуктов обогащения.

На рис. 3 приведена схема устройства, реализующего новый способ приготовления и дозирования магнетитовой суспензии в технологический процесс. В емкость 1 для смешения магнетита с водой подается краном с грейфером порция сухого магнетита со склада и техническая вода. Магнетитовая суспензия подается насосом 2 для гидравлической классификации в гидроциклон 3 диаметром 250 мм. В гидроциклоне происходит классификация магнетита по крупности зерен: в слив попадают в основном зерна крупностью менее 45 мкм, а в пески - зерна крупнее 45 мкм. Большую часть суспензии (пески гидроциклона) с крупным магнетитом направляют в

первый зумпф 4 для приготовления суспензии высокой плотности. Суспензию с тонким магнетитом (слив гидроциклона) направляют во второй зумпф 6, тем самым увеличивая содержание тонких зерен магнетита в суспензии низкой плотности. В зумпфы 4, 6 готовой суспензии добавляется вода для создания суспензии определенной консистенции.

Далее приготовленная магнетитовая суспензия с тонким магнетитом порциями перекачивается насосом 7 в зумпф питания, например, тяжелосреднего гидроциклона 1-й стадии обогащения, в котором выделяют концентрат при низкой плотности разделения. А приготовленная суспензия с крупным магнетитом перекачивается насосом 5 в зумпф питания тяжелосреднего гидроциклона 2-ой стадии обогащения, в котором выделяют промпродукт при высокой плотности суспензии и отходы.

В процессе обогащения угля часть магнетита уходит с продуктами обогащения из процесса, что определяет потери магнетита.

После опустошения емкости 1 для смешения магнетита с водой, система готова начать приготовление новой порции суспензии.

Для подачи суспензии в обогатительные устройства расход суспензии из первого зумпфа 4 для крупного магнетита и из второго зумпфа 6 для тонкого магнетита происходит автоматически периодическим открытием запорных устройств 17, 21 и закрытием запорных устройств 16, 20. Открытие запорных устройств 17, 21 производится управляющим контроллером или оператором. Критерием открытия запорных устройств 17, 21 является уменьшение

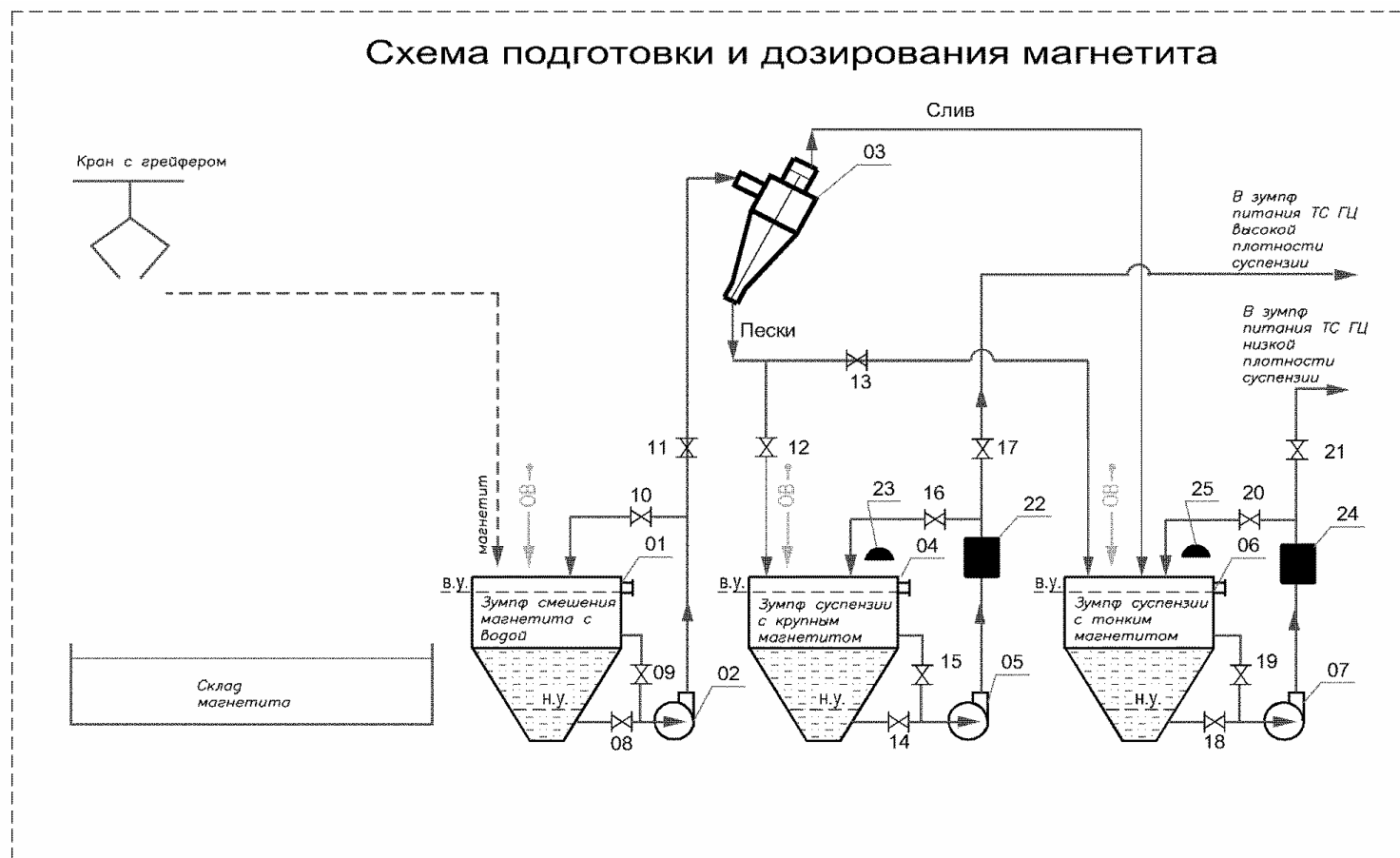


Рис. 3. Схема установки приготовления и дозирования магнетитовой суспензии низкой и высокой плотности: 1 – емкость для смешения магнетита с водой; 2, 5, 7 – насосы для перекачки магнетитовой суспензии; 3 – гидроциклон; 4 – первый зумпф; 6 – второй зумпф; 8 – 21 – запорные устройства; 22, 24 – плотномеры; 23, 25 – уровнемеры

плотности суспензии в технологическом процессе на величину 10 кг/м^3 , то есть на величину чувствительности радиоизотопных плотномеров, контролирующих плотность суспензии в обогащительных устройствах (на рис. не показаны).

Запорные устройства 17 и 21 открываются на такой период времени, за который компенсируются текущие потери магнетита. Когда показания плотномеров, контролирующих плотность суспензии в тяжelosредных гидроциклонах, возвращаются к заданной величине плотности суспензии, запорные устройства 17 и 21 закрываются, а запорные устройства 16 и 20 открываются. Цикл повторяется до опустошения зумпфов 4, 6 или емкости 1 до нижнего уровня. После чего производится их очередное наполнение.

Измерение плотности в зумпфах 4, 6 осуществляется с помощью плотномеров 22, 24, установленных в отво-

дящих трубопроводах. Также на зумпфах осуществляется непрерывный контроль уровня суспензии уровнями 23 и 25, по показаниям которых контроллером контролируется масса магнетита, поданная в процесс для компенсации его технологических потерь с продуктами обогащения. Это позволяет также непрерывно контролировать расход магнетита со склада.

Описанное устройство уже включено в проекты новых углеобогащительных фабрик.

В заключение отметим, что знание физических свойств магнетитовой суспензии позволяет избежать ошибок в выборе схем подготовки и дозирования суспензии в технологический процесс, правильно составить схему регенерации некондиционной магнетитовой суспензии, что в итоге позволит стабилизировать качество угольных концентратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по обогащению углей. Под ред. Благова И.С., Коткина А.М., За-
рубина Л.С. – М.: Недра, 1984.

2. Козлов В.А., Новак В.И., Тер-Акопов
А.Г. и др. Патент № 115681 от 11.01.2012.
Устройство для приготовления магнетито-
вой суспензии. . **ИУАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Козлов Вадим Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, главный технолог «Корал-
лайна Инжиниринг» (СЕТСО), vak@cetco.ru

