

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОГО ВЕСА И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЯЗКОСТИ НЕСТОЙКИХ СУСПЕНЗИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ УГЛЕЙ

И. В. ГЕБЛЕР

В качестве утяжелителей для водных суспензий при обогащении углей применяются магнетит, пиритные огарки, барит. Эти вещества с удельным весом 4,5—5,0 даже при тонком измельчении, например 0,06—0 мм, образуют суспензии нестойкие; зерна материала в состоянии покоя быстро осаждаются, и однородность суспензии по высоте ее в каждый, даже короткий, промежуток времени является неодинаковой.

Удельный вес и вязкость являются важнейшими свойствами суспензий при обогащении в них углей. Удельный вес определяет всплывание и погружение той или иной фракции угля в зависимости от содержания минеральных веществ и в производстве устанавливается на заданную величину в соответствии с характером угля или промпродукта.

Вязкость суспензии обуславливает ту или иную скорость падения и всплывания частиц обогащаемого материала, т. е. скорость расслоения, от чего в свою очередь зависит время, необходимое для пребывания материала в суспензии и, соответственно, размеры аппаратов. В связи с этим удельный вес и вязкость суспензии всегда определяются в контроле производства.

Удельный вес суспензий определяется очень просто обычным способом, а именно взвешиванием определенного объема суспензии, определение же вязкости суспензии представляет известные затруднения вследствие их нестойкости и возможно лишь при перемешивании суспензий. Обычные вискозиметры для определения удельной вязкости жидкостей, основанные на скорости истечения, в данном случае совершенно непригодны, так как в таких вискозиметрах трудно осуществить надлежащее перемешивание и у выходного отверстия внизу сосуда происходит уплотнение суспензии; неудобны также вискозиметры с определением вязкости на основе изменения скорости падения какого-либо тела; при малых вязкостях суспензий потребовались бы большие размеры прибора. Наиболее подходящими должны бы являться здесь вискозиметры, основанные на измерении усилия, необходимого для вращения в суспензии с определенной скоростью некоторого тела, которое может играть в то же время роль мешалки (торсионный способ); но они сравнительно сложны и могут расстраиваться вследствие попадания мельчайших частиц утяжелителя в детали прибора.

Кроме того, суспензии из магнетита и пирита при твердости этих минералов до 6,5 обладают сильным абразивным действием по отношению к металлам, вследствие чего контуры вращающегося органа в приборах последней из указанных конструкций будут быстро изменяться и вместе с тем будет нарушаться правильность показаний.

Некоторые авторы все же прибегают при определении вязкости некоторых суспензий к способу истечения, как наиболее простому, применяя в качестве вискозиметра стеклянную трубку, например, длиной 400 мм,

диаметром 28 мм, оканчивающуюся капилляром диаметром 2 мм при длине 20 мм [1]. Суспензия в такой трубке, укрепленной на вращающемся диске, сначала взбалтывается путем вращения диска и затем наблюдается время ее истечения из трубки; при этом предполагается, что скорость осаждения наибольших зерен утяжелителей не превышает 0,4 см/сек при количестве суспензии 200 мл.

Такой способ определения относительной вязкости нестойких суспензий дисперсностью 100—120 микрон нужно считать неправильным и негодным для производственного контроля.

В самом деле, скорость истечения магнетитовой суспензии дисперсностью порядка 100 микрон удельного веса 1,5 через отверстие диаметром 2 мм составляет, при постоянном напоре, как это найдено из опыта, 1,0—1,1 мл в секунду; 200 мл суспензии вытечет за время в среднем 190 сек. Положим, что скорость осаждения наиболее крупных частиц магнетита будет 0,3 см/сек (меньше 0,4 см/сек); через 95 сек. вытечет примерно половина суспензии (пренебрегая уменьшением скорости истечения при понижении уровня жидкости в трубке), т. е. 100 мл. Высота столба 200 мл жидкости в трубке диаметром 2,8 см составит 32,5 см, следовательно, уровень жидкости понизится на 16,25 см, за это время частица, осаждаясь, пройдет путь, равный  $95 \times 0,3 = 28,5$  см, т. е. осаждение частицы идет с опережением по отношению к скорости истечения и, следовательно, по мере истечения происходит уплотнение суспензии, что искажает результаты определения.

Американский прибор Шельтона-де-Вани представляет собою капиллярный вискозиметр с мешалкой [2]; он состоит из вертикальной трубки диаметром 38 мм при высоте 165 мм, в которой помещена мешалка, делающая 900 об/мин; трубка внизу переходит в капилляр диаметром 2,6 мм, из которого и происходит вытекание суспензии. Для этого прибора отмечаются следующие недостатки: 1) суспензия недостаточно плавно поступает в капилляр из пространства, находящегося непосредственно под мешалкой; 2) жидкость в приборе во время опыта сильно нагревается; 3) наиболее крупные частицы, при большой скорости вращения мешалки, отбрасываются к периферии, вследствие чего нарушается однородность суспензии и процесс истечения искажается; 4) течение в приборе турбулентное, что в свою очередь также нарушает правильность истечения.

Испытание при помощи данного прибора качества различных нестойких суспензий в отношении их вязкости в практике давали показания, совершенно не совпадающие с теми явлениями, которые наблюдались для тех же суспензий в сепараторе при обогащении углей.

Более совершенным является прибор Гинцветмета для определения динамического сопротивления сдвигу и вязкости суспензии [3].

Однако работа с ним, требующая подбора капилляров с различными диаметрами и длиной и построения поверочных графиков, довольно хлопотлива, что делает метод не вполне удобным для применения его в процессе производственного контроля.

Кроме того, стремление дать значение абсолютной вязкости суспензии в паузах по величине динамического сопротивления сдвигу, определяемой по способу истечения, принципиально неправильно, потому что суспензии не могут быть идентифицированы с истинными жидкостями, для которых абсолютная вязкость, определяемая в капиллярных вискозиметрах и выражаемая формулой Пуазейля, представляет собою по физическому смыслу коэффициент внутреннего трения жидкости.

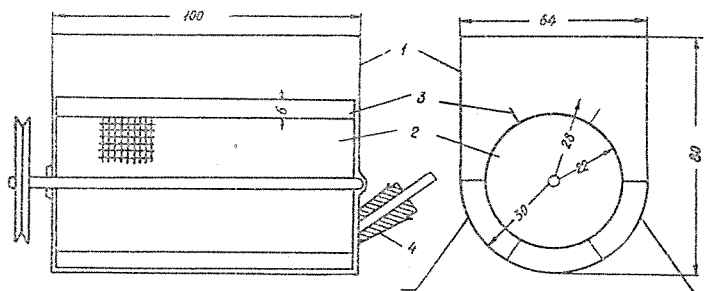
Для суспензий же, кроме трения частиц жидкости (воды), имеет место взаимное трение твердых частиц, а также твердых частиц и жидкости; поэтому же пересчет относительной вязкости, определяемой по методу исте-

чения, в сантипуазы, что возможно для истинных жидкостей по известным формулам (Убеллоде и др.) для суспензий, сделано быть не может.

Таким образом, значение прибора Гинцветмета должно расцениваться, главным образом, со стороны определения относительной вязкости суспензий, выражаемой, как обычно, отношением времени вытекания через трубку с каналом определенного диаметра (2,5—4,0 мм) одинаковых объемов суспензии и воды; для этого прибор вполне пригоден, но сравнительно сложен, так как в установке требуется постоянное движение суспензии, осуществляемое при помощи центробежного насоса.

Автором предлагается метод одновременного определения удельного веса и относительной вязкости суспензий, давший при испытании хорошие результаты.

Однородность и устойчивость суспензии достигается в корытообразной ванне 1 (фиг. 1), внутри которой вращается сетчатый барабан 2, укрепленный на валу; величина отверстий сетки 3 мм; с торцевых сторон барабан открыт. На наружной поверхности барабана укреплены полосы 3, направ-



Фиг. 1.

ленные по образующим цилиндра; эти шесть полос играют роль лопастей и служат для перемешивания суспензии, которая внутри барабана при его вращении сохраняет полную однородность. Необходимая для этого окружная скорость на лопастях, как это установлено опытом, должна быть порядка 0,1 м/сек.

Для прибора указанных размеров число оборотов должно быть

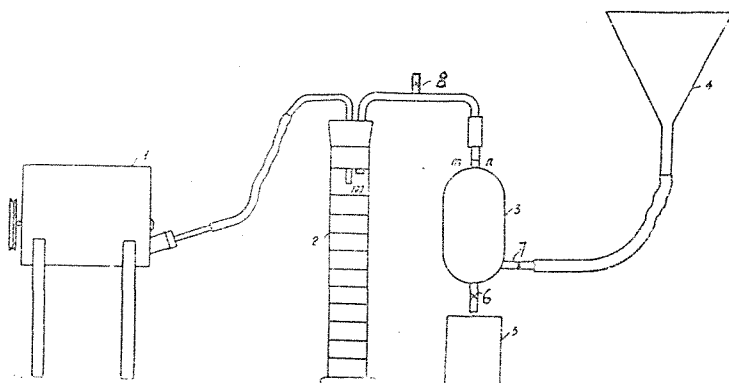
$$n = \frac{30 \cdot 0,1}{3,14 \cdot 0,028} = 34 \text{ об/мин.}$$

В ванну помещается 200 мл жидкости. В одной из торцевых стенок ванны имеется тубус 4, открывающийся во внутренность барабана; тубус закрывается, как указано на фиг. 1, резиновой пробкой с стеклянной трубкой, имеющей внутренний диаметр 2 мм.

Эта трубка при помощи каучука соединяется с такой же трубкой, которая в свою очередь соединяет ванну с измерительным цилиндром на 100 мл в общей установке для определения вязкости удельного веса суспензий (фиг. 2).

Сосуд 3 наполняется дистиллированной водой до метки из воронки 4, играющей роль напорного резервуара; затем кран 7 закрывается и открывается кран 6, причем вода из сосуда 3 вытекает в стакан 5; в цилиндре давление понижается, и суспензия втягивается в цилиндр. В момент начала отделения струи из трубки пускается секундомер и останавливается, когда уровень суспензии в цилиндре достигает 50 мл; тотчас же закрывается кран 6; кран 8 служит для сообщения с атмосферой.

Таким образом, определяется время истечения 50 мл жидкости. Предварительно, конечно, опыт проводится с дистиллированной водой.



Фиг. 2.

После определения времени истечения суспензии цилиндр, предварительно тарированный, взвешивается с точностью до 0,1 г и отсчитывается объем суспензии, который всегда несколько больше 50 мл, вследствие несовпадения моментов остановки секундомера и последующего закрытия крана 6.

Таким образом определяется удельный вес суспензии в том же опыте. Ряд определений по данному методу дал такие цифры.  
Вода дистиллированная

$$t = 20^\circ (\pm 2^\circ).$$

Время истечения 50 мл

1) 30,5"	$\Delta =$ расхождение на среднее значение: $= \frac{(30,5 - 30,23) \cdot 10}{30,23} = 0,89\%$
2) 30,2"	
3) 30,0"	

Средн. 30,43"

Магнетитовая суспензия.

Дисперсность: (60—0)

$$t = 20^\circ (\pm 2^\circ).$$

Вязкость	Удельный вес	
	Объем суспензии	Вес суспензии
Время истечения	l.	l.

1) 43,0"	1) 55,0 мл	82,90 г
2) 44,0"	$\Delta = 1,15\%$	

$$\text{уд. вес} = \frac{82,90}{55,0} = 1,51$$

$$\text{Уд. вязкость} = \frac{43,5}{30,23} = 1,44$$

2) 54,0 мл 80,61 г  $\Delta = 0,67\%$

$$\text{уд. вес} = \frac{80,61}{54,0} = 1,49$$

II

1) 47,0"

2) 46,5"  $\Delta = 0,53\%$

Средн. 46,75"

$$\text{уд. вязкость} = \frac{46,75}{30,23} = 1,55$$

II.

1) 55,0 мл 96,26 г

$$\text{уд. вес.} = \frac{96,26}{55,0} = 1,75$$

2) 56,0 мл 97,04 г  $\Delta = 1,01\%$

$$\text{уд. вес} = \frac{97,04}{56,0} = 1,73.$$

Таким образом, расхождение в параллельных опытах при определении по описанному методу составляет на средние цифры для вязкости: 0,53—1,15% и для удельного веса: 0,67—1,01%, что для практических целей можно считать достаточным.

Величина вязкости суспензий, определяемая по способу истечения, как уже отмечалось, не имеет определенного физического смысла и должна рассматриваться, как условная величина, которая тем не менее имеет большое значение в качестве одного из параметров, определяющего характер суспензий при производственном контроле в процессе обогащения полезных ископаемых.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Землянский П. М. Обогащение угля в тяжелых средах. Углетехиздат, 1953.
2. Справочник по обогащению полезных ископаемых. Т. III, Metallurgizdat, 1952.
3. Митрофанов С. И. Исследование руд на обогатимость, Metallurgizdat, 1950.