Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1985, т. 106

УДК 66.067.012-52

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРОВАНИЯ

А.Г.ЦАЙ

Период непрерывной работы вакуум-фильтра между операциями смены фильтроткани зависит от состояния фильтрующей перегородки. При этом средняя производительность вакуум-фильтра снижается нелинейно при увеличении длительности работы фильтроткани [4]. Для получения максимального за каждый период работы интегрального значения производительности необходимо определить оптимальную величину этого периода, по истечении которого дальнейшая работа аппарата без смены фильтрующих материалов становится неэффективной. В монографии Я.Циборовского [5] изложен графический метод расчета оптимального периода смены фильтроткани. Очевидно в общем случае эта величина будет переменной. Для ритмичной работы предприятия предпочтительнее иметь эту величину постоянной при высоком интегральном расходе осадка, для чего необходимо увеличивать индукционный период работы фильтроткани, в течение которого скорость снижения производительности фильтра по твердому незначительна. В настоящей работе рассмотрены два пути стабилизации технологических показателей барабанного вакуум-фильтра, реализуемые без средств автоматизации путем незначительной реконструкции серийных аппаратов.

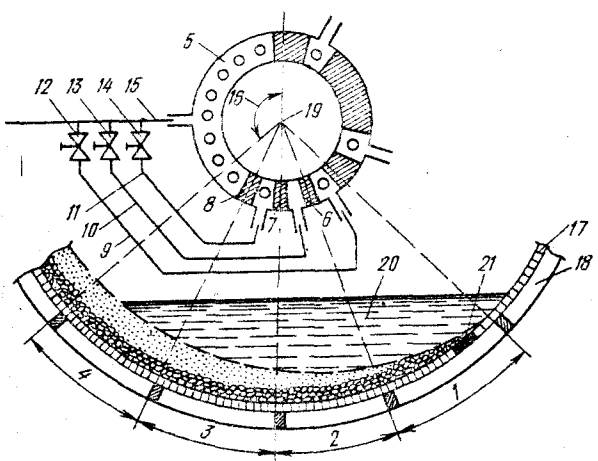


Рис.1. Реконструкция распределительной головки вакуум-фильтра

Один из них основан на защите пор фильтроткани от закупорки их тонкодисперсными частицами твердой фазы суспензии и обеспечении постоянной скорости фильтрования. Для его реализации необходимо наложить на регенерированную фильтроткань постель из крупнодисперсных частиц твердой фазы, выполняющей роль дополнительного фильтрующего слоя, и, кроме того, создать переменную величину вакуума на всей ширине зоны фильтрования. При

этом величина вакуума должна изменяться от меньшего значения к большему при перемещении каждого элементарного участка фильтрующей перегородки (рис.I, поз.2I), т.е. при изменении его угловой координаты в зоне фильтрования. Под действием незначительного начального перепада давления скорость фильтрации жидкой фазы 20 невелика. Однако крупнодисперсные частицы осаждаются на фильтрующую перегородку с большой скоростью, тогда как тонкодисперсная фракция вследствие незначительного перепада давления находится в состоянии, близком ко взвешенному. На фильтрующую перегородку при этом наносится дополнительный слой, частицы которого не проникают в поры фильтрующей перегородки и предотвращают их закупорку. Практически для достижения указанной цели достаточна высота постели, равная четырехпятикратному размеру частиц крупной фракции [4].

Определим закон изменения вакуума в зоне фильтрования, воспользовавшись полученной в работе [2] зависимостью для расчета высоты слоя осадка на фильтрующей перегородке:

$$h(\alpha) = \frac{1}{r_0}\left[\sqrt{D_к\, y(\alpha) + r_ф^2} - r_ф\right], \qquad (I)$$

где α – угловая координата, рад; r_0 – удельное гидравлическое сопротивление осадка, $м^{-2}$; $D_к$ – константа, $м^{-2}Па^{-I}рад^{-I}$; $y(\alpha)$ – суммарный перепад давления по отношению ко всей зоне фильтрования угловой ширины $2\alpha_1$, Па; $r_ф$ – гидравлическое сопротивление фильтроткани, $м^{-I}$,

$$D_к = \frac{x_0 r_0}{\mu\omega} = \text{const}, \quad y(\alpha) = \int_0^{\alpha_1} \Delta P(\alpha)\, d\alpha, \qquad (2)$$

x_0 – отношение объема осадка к объему фильтрата; μ – вязкость жидкой фазы суспензии, пуаз; ω – угловая скорость вращения барабана, рад/с; P – величина вакуума в зоне разрежения, Па.

Для постоянной скорости фильтрования

$$\frac{\partial h}{\partial \alpha} = D_к \frac{y'(\alpha)}{\sqrt{D_к\, y(\alpha) + r_ф^2}} = B_к = \text{const}. \qquad (3)$$

Решая уравнение (3), получим при $y(0) = 0$

$$y(\alpha) = \frac{1}{D_к}\left(B_к \alpha + r_ф\right)^2 - \frac{r_ф^2}{D_к},$$

откуда в соответствии с равенствами (2) найдем

$$\Delta P(\alpha) = \frac{B_к^2}{D_к}\alpha + \frac{2B_к r_ф}{D_к} = a_к \alpha + b_к, \qquad (4)$$

где

$$a_к = \frac{B_к}{D_к}, \quad b_к = \frac{2B_к r_ф}{D_к}.$$

Изменение величины вакуума по выражению (4) можно реализовать в дискретном виде, для чего предложена следующая реконструкция распределитель-

ной головки вакуум-фильтра (рис.I). Зона фильтрования разделяется на секторы I, 2, 3, 4 путем установки в распределительной головке 5 дополнительных радиальных перегородок 6, 7, 8. Секторы I, 2, 3 при помощи трубопроводов 9, I0, II с установленными на них регулирующими клапанами I2, I3, I4 соединены с вакуумной магистралью I5. Сектор 4 зоны фильтрования является общим с сектором I6 зоны осушки осадка и подключен непосредственно к магистрали I5. Вакуум-фильтр работает следующим образом. Распределительная головка 5 неподвижна, фильтроткань I7 на барабане I8 вращается относительно центра I9 по часовой стрелке. В секторы I, 2, 3 при помощи клапанов I2, I3, I4 подается вакуум различной величины, причем в секторе I величина вакуума минимальная и равна $b_к$, в секторе 2 $\Delta P = 1/3\Delta P_{max}$, в секторе 3 $\Delta P = 2/3\Delta P_{max}$, в секторе 4 $\Delta P = \Delta P_{max}$. Для более точного изменения вакуума следует разбить всю зону фильтрования на более мелкие участки путем установки большего количества мостиков. На элементарном участке 2I при прохождении им сектора I будет осаждаться крупнодисперсный слой. Фильтрование в секторе I происходит со скоростью, равной $B_к$. По мере роста высоты осадка и его гидравлического сопротивления при подходе участка 2I к сектору 2 скорость фильтрования будет падать. Однако увеличенный перепад давления в секторе 2 вновь повышает его до прежнего значения. В реальных условиях зависимость (4) может иметь нелинейный характер, в этом случае конструктивные решения остаются в силе [I].

Описанная реконструкция аппарата позволяет осуществить управление величиной вакуума без повышения влажности осадка, так как в зоне обезвоживания величина вакуума остается постоянной.

Второй путь повышения эффективности процесса основан на создании наиболее благоприятных условий седиментации во всем объеме зоны наполнения барабана вакуум-фильтра. В этих аппаратах питающий трубопровод I (рис.2) расположен внутри барабана 5 и торцевая поверхность его закрыта (точка 4). Суспензия питания должна поступать в зону наполнения через щелевые отверстия 3. Такой конструктивный вариант питающего узла подходит для суспензий с незначительной скоростью осаждения твердой фазы. Однако суспензия питания на обогатительной фабрике ПО „Фосфорит", на примере которой исследовался процесс фильтрования, содержит твердую фракцию класса +0,I8 с плотностью частиц $2{,}8 \cdot 10^3$ кг/м^3, т.е. со значительной скоростью осаждения. В результате продольная скорость по-

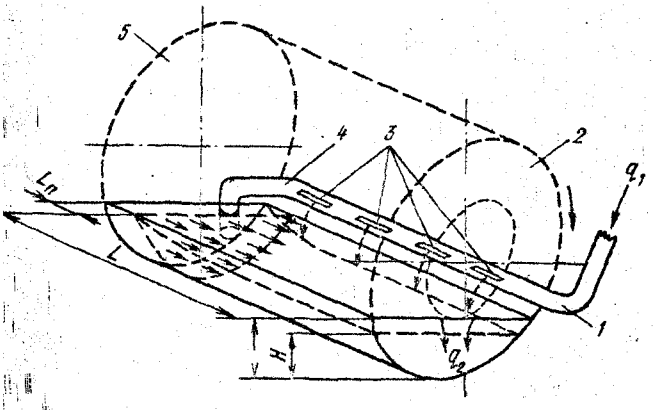


Рис.2. Реконструкция питающего трубопровода вакуум-фильтра

тока в трубопроводе снижается по мере прохождения его от одного щелевого отверстия к другому (при постоянном сечении трубы расход уменьшается). Это вызывало «запесочивание" трубы и питание вакуум-фильтра осуществлялось за счет притока суспензии только через одно-два отверстия, ближайшие к кольцевому борту 2. Скорость истечения струи при этом была велика, что повышало турбулентность потоков суспензии в зоне наполнения, ухудшающую условия седиментации, и создавало участок зоны наполнения, периферийный по отношению к кольцевому борту, имеющий пониженную плотность суспензии. Соответственно плотность суспензии перелива была высока и нестабильна.

В фильтрах с внутренней фильтрующей поверхностью плотность суспензии перелива зависит от скорости стесненного осаждения крупной фракции и длительности процесса седиментации. При этом изменение количества твердого, поступающего в нижнюю область зоны наполнения высотой H ($[H]$ = I м) равно

$$\frac{dM}{dt} = 2\,\upsilon_{oc}\,C_к R \sin\beta\,, \qquad (5)$$

где M – масса твердого, определяющая приток материала в нижнюю область зоны наполнения (и, соответственно, унос его из верхней области), кг; t – время, с; υ_{oc} – скорость осаждения твердого, м/с; R – радиус барабана, м; β – угловая ширина нижней области зоны наполнения, рад; $2R\sin\beta$ – длина линии раздела верхней и нижней областей, м; $C_к$ – концентрация твердого.

Для стационарного режима

$$M = 2\int_0^{\tau_{oc}} \upsilon_{oc}\,C_к R \sin\beta\,dt = 2\,\upsilon_{oc}\,C_к R(\sin\beta)\tau_{oc}\,, \qquad (6)$$

где τ_{oc} – время осаждения, с.

Скорость определяется модернизированным уравнением Стокса [3]:

$$\upsilon_{oc} = \frac{10^{1,82}\,d_э\,g(\rho_{тв}-\rho)}{18\mu}\left[1 - \frac{(\rho_{тв}-\rho_ж)(1-C_2)}{\rho_{тв}(1-C_2)-\rho_ж C_2}\right], \qquad (7)$$

где $d_э$ – эквивалентный диаметр частиц крупной фракции, м; g – ускорение свободного падения, м/с^2; $\rho_{тв}$, ρ, $\rho_ж$ – плотности соответственно твердой фазы, суспензии, жидкой фазы, кг/м^3; C_2 – концентрация твердого в суспензии перелива.

Приближенно время можно определить следующим образом:

$$\tau_{oc} = \frac{(q_1 - q_2)L'}{R^2(\alpha_1 - 0{,}5\sin 2\alpha_1)}\,, \qquad (8)$$

где q_1, q_2 – объемные расходы суспензии питания и перелива, м^3/с; $2\alpha_1$ – угловая ширина зоны наполнения, рад; L' – длина пути рассматриваемого сечения, м, в общем случае определяющего длину участка движения суспензии в зоне наполнения. Более точно значение τ_{oc} нужно вычислять при переменном расходе суспензии по длине L' с учетом распределенности объекта по длине барабана.

Очевидно, что для обеспечения максимально возможного притока M за счет седиментации и, следовательно, повышения производительности вакуум-фильтра при повышении плотности суспензии в зоне наполнения, в соответствии с уравнениями (6) и (8) необходимо увеличивать время τ_{oc} что равносильно увеличению L' в уравнении (8). В реальных условиях $\lim L' = L$. Для этого в экспериментальном вакуум-фильтре произведена следующая реконструкция. Трубопровод I заменен сплошным, без щелевых отверстий 3 до величины, близкой к L, и для снижения турбулентности суспензии в зоне наполнения его открытый конец погружен в суспензию на 0,25 м. На рис.2 показан питающий трубопровод в реконструированном виде. В результате такого несложного усовершенствования в зоне наполнения образовались область перемешивания суспензии $L_{п}$, из которой суспензия с плотностью ρ_1 движется вдоль барабана. При этом образуется зона уплотнения высотой H и осветленный слой. Запас высоты осветленной зоны способствовал существенному снижению плотности суспензии перелива и повышению ее стабильности.

Простота и положительные результаты рассмотренных реконструкций позволяют рекомендовать их внедрение на всех вакуум-фильтрах с внутренней фильтрующей поверхностью обогатительных фабрик.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 780861 (СССР). Способ регулирования процесса фильтрования в вакуум-фильтрах / А.Г.Чай, С.В.Стороженко, В.В.Стальский, В.Г.Дейч - Опубл. в Б.И. 1980, № 43.

2. Математическая модель процесса фильтрования / Б.З.Безмозгин, В.Г.Дейч, В.В.Стальский и др. - Труды ЛенНИИгипрохима, 1976, вып. 25.

3. Романков П.Г., Курочкина Н.И. Гидромеханические процессы химической технологии. Л., Химия, 1974.

4. Скобеев И.К. Фильтрующие материалы. М., Недра, 1978.

5. Циборовский Я. Основы процессов химической технологии. М., Химия, 1967.