

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

THE STAND FOR FIBROUS FILTER MATERIALS TEST

Л.И. ГУДИМ, В.В. ИСАЕВ, В.В. МАРКОВ, Д.С. РЕШЕТНЕВ
L.I. GUDIM, V.V. ISAEV, V.V. MARKOV, D.S. RESHETNEV

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,
Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin",
Russian Correspondence Institute of Textile and Light Industry)
E-mail: office@staff.msta.ac.ru; office@roszhitlp.ru

С целью оптимального выбора для промышленных фильтров с регенерацией волокнистых тканых и нетканых фильтровальных материалов предложено проводить их дополнительные испытания.

For the purpose of an optimum choice for industrial filters with regeneration of fibrous woven and nonwoven filter materials it is offered to conduct their additional tests.

Ключевые слова: фильтрование, регенерация, скорость фильтрования, коэффициент очистки, гидравлическое сопротивление.

Keywords: filtering, regeneration, speed of filtering, clearing factor, hydraulic resistance.

Современные отечественная и зарубежная промышленность предлагают большое количество разнообразных тканых и нетканых волокнистых фильтровальных материалов с разной механической и химической отделкой полотен, улучшающих их фильтровальные и другие эксплуатационные свойства. Технические характеристики материалов, выпускаемых разными фирмами, содержат практически одни и те же параметры: вид волокон, механическая прочность полотна, его химическая и температурная устойчивость, воздухопроницаемость, поверхностная плотность, пылеемкость, класс достигаемой очистки газа от пыли. Этого перечня характеристик фильтровальных материалов при их выборе для нерегенерируемых фильтров в большинстве случаев оказывается вполне достаточно. Однако для обоснованного выбора и применения в регенерируемых промышленных фильтрах этих технических характеристик не

вовне достаточно. Для регенерируемых фильтров более приемлемым является выбор фильтровального материала с учетом результатов предварительных дополнительных испытаний фильтровального материала по специальным методикам и на специальных стендах с учетом регенерируемости фильтровального материала в условиях конкретной задачи обеспыливания газа.

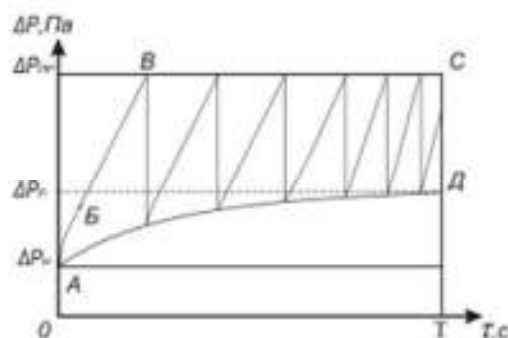


Рис. 1

В регенерируемом фильтре перепад давления на фильтровальной перегородке в начале очередного цикла фильтрования определяется начальным гидравлическим сопротивлением перегородки ΔP_n (рис. 1), которое зависит от сопротивления чистой перегородки ΔP_0 и остаточной закупорки ее пор в предыдущих циклах. В цикле фильтрования потеря давления с течением времени растет по линии АВ, при этом кинетика роста ΔP определяется структурой фильтр-материала перегородки, параметрами газа и пыли, скоростью фильтрования и характером процесса (закупоривание пор, образование осадка, смешанный или последовательный процесс). Обычно в реальном фильтре это смешанный процесс. Вначале на относительно коротком участке АВ идет одновременно фильтрование с образованием осадка и с закупоркой пор перегородки и далее, на основном участке БВ – фильтрование с образованием осадка. После достижения заданного предельного значения перепада давления $\Delta P_{пр}$ включается цикл регенерации, при котором ΔP снижается до соответствующего начального ΔP_n . Таким образом, ΔP_n от цикла к циклу фильтрование – регенерация может постепенно увеличиваться, перемещаясь по кривой АД, а время отдельного цикла τ_f постепенно сокращаться. В зависимости от сочетания указанных выше факторов это может наблюдаться более или менее длительное время, после которого ΔP_n может выходить на постоянное установившееся значение и процесс фильтрования стабилизироваться. В случае, если ΔP_n не стабилизируется, а стремится к $\Delta P_{пр}$, перегородка, как говорится, "замазывается" и требуется либо, ее замена, либо для сохранения приемлемых значений времени цикла фильтрования τ_f и частоты регенерации, – повышение $\Delta P_{пр}$. Поэтому при выборе фильтровальных материалов для промышленных регенерируемых фильтров важное значение имеет количественная и качественная оценка регенерируемости фильтровальной перегородки, способности выходить на приемлемое значение начального установившегося сопротивления, сохранять пылеулавливающую способность

и выдерживать большое число механических воздействий на нее в циклах фильтрование – регенерация. Вопрос этот чрезвычайно сложный и зависит от многих факторов и их сочетания: дисперсный состав, концентрация, адгезионно-когезионные и другие свойства пыли, структура фильтровального материала, параметры газа, режимные параметры фильтрования и регенерации. Качественное влияние указанных факторов на процессы фильтрования и регенерации рассмотрено в ряде работ, например в [1]. Точная количественная оценка возможна только путем испытаний фильтровальных материалов на специальных стендах. Ниже приведено описание экспериментального стенда, специально разработанного и изготовленного в МГТУ им. А.Н. Косыгина для этих целей применительно к промышленным рукавным и кассетным фильтрам с регенерацией обратной импульсной продувкой сжатым воздухом, которые в настоящее время широко применяются в различных отраслях промышленности.



Рис. 2

Стенд представляет собой небольшой фильтр (рис. 2: 1 – электродвигатель; 2 – фильтровальный рукав; 3 – бункер уловленной пыли; 4 – фильтр-отстойник; 5 –

секция чистого воздуха; 6 – вентилятор; 7 – шкаф управления; 8 – секция грязного воздуха (рукавная)), у которого фильтровальные рукава и элементы узла регенерации выполнены геометрически подобными аналогичным элементам промышленных фильтров, что позволяет проводить испытание фильтровальных материалов в кинематически и динамически подобных режимах фильтрования и регенерации.

В секции грязного воздуха 8 установлено 3 рукава 2 диаметром 70 мм, длиной рабочей части до 1000 мм и общей поверхностью до 0,66 м². Рукава имеют внутренний спиральный каркас и натяжные устройства в вертикальном направлении. Фильтрование происходит во внутрь рукава. Для визуализации процесса секция оборудована прозрачными окнами.

Над секцией грязного воздуха располагается, отделенная от нее рукавной плитой с цилиндрами для крепления рукавов, секция чистого воздуха 5. В ней соосно над рукавами располагаются мембранные клапаны. В клапаны ввернуты сопла, через которые в нужный момент подается импульс сжатого воздуха на обратную продувку рукава. В клапаны могут устанавливаться сопла разного диаметра, что позволяет регулировать массовый расход воздуха на продувку, скорость продувки и ее интенсивность. Все клапаны сообщаются с ресивером, в котором с помощью редуктора поддерживается необходимое для импульса начальное давление (0,6 МПа) сжатого воздуха. Объем ресивера достаточен для того, чтобы за время импульса давление в нем не падало ниже заданного (0,4 МПа) и сохранялась энергия импульса. Сжатый воздух поступает в ресивер от компрессора. Над секцией чистого воздуха установлен вентилятор 6 с электродвигателем 1. Число оборотов вентилятора бесступенчато регулируется, что позволяет проводить испытания при постоянном расходе очищаемого воздуха через фильтр. На выходе из вентилятора очищенный воздух проходит контрольный фильтр, предназначенный для определения коэффициента пылеулавливания.

К входному патрубку рукавной секции подключен дозатор пыли с регулируемой производительностью.

Расход воздуха через фильтр, скорость фильтрования и степень пылеулавливания определяются пневмометрической трубкой и контрольным фильтром, установленными в отходящем воздуховоде.

К секциям грязного и чистого воздуха подключен дифманометр, который определяет перепад давления на рукавах и, при достижении установленного предельного перепада $\Delta P_{пр}$, включает режим регенерации.

Шкаф управления содержит регуляторы числа оборотов электродвигателя вентилятора и мотор-редуктора пылепитателя. Программатор устанавливает длительность импульса продувки в режиме регенерации, порядок продувки рукавов и время между импульсами. Для анализа дисперсного состава пыли используется фотоседиментограф.

На данном стенде можно выполнять целый ряд необходимых дополнительных испытаний. К ним можно отнести, например, определение по виду зависимости $\Delta P(\tau)$ характера процесса фильтрования [1] (с образованием осадка, с закупориванием пор, смешанный процесс); определение степени очистки и гидравлического сопротивления во времени в зависимости от режимов фильтрования (скорость, концентрация пыли, предельный перепад давления) и режимов регенерации (скорость и расход воздуха на продувку, длительность импульса, число импульсов); сравнительные испытания фильтровальных материалов, оптимизацию конструктивных и режимных параметров фильтра и т.д.

Количественную оценку результатов испытаний на регенерируемость материала (рис.1) можно выполнить по опытным значениям коэффициента регенерируемости K_p , рассчитанного по формуле для одинаковых периодов времени:

$$K_p = 1 - \int_0^T \Delta P_H(\tau) d\tau / (\Delta P_{пр} - \Delta P_H) T, \quad (1)$$

где T – время испытания.

Для аппроксимации функции $\Delta P_H(\tau)$ можно использовать формулу (2), которая хорошо согласуется с опытными данными [2] процесса постепенной закупорки пор перегородки:

$$\Delta P_H(\tau) = \Delta P_{II} + \Pi [1 - \exp(-\tau/\tau_{II})], \quad (2)$$

где $\Pi = (\Delta P_{пр} - \Delta P_0)$ – константа;
 $\tau_{II} = \sigma_{MAX} / (K_0 W_\phi C)$ – характерное время;
 σ_{MAX} – максимальное значение задержки, когда все поры перегородки максимально забиты пылью для заданных условий процессов фильтрации и регенерации, соответствующим выходу на ΔP_p , и вероятность дальнейшей задержки равна нулю;
 K_0 – вероятность задержки в начале процесса чистой перегородкой (от 0 до 1); W_ϕ – скорость фильтрации; C – концентрация пыли на входе в фильтр.

Уравнение (2) качественно отражает влияние на процесс таких параметров, как скорость фильтрации, концентрация пыли, сопротивление перегородки, ее пористость.

Подобным же образом и за тот же период фильтрации можно оценить степень улавливания пыли K_η данной перегородкой, работающей в данных условиях.

По значениям коэффициентов K_p и K_η можно судить о прямой целесообразности применения того или иного фильтровального материала в конкретных условиях пылеочистки.

1. Предлагаемые разработчиками и производителями волокнистые тканые и нетканые фильтровальные материалы сопровождаются техническими характеристиками, которые в большинстве случаев не содержат достаточной информации для их выбора и оптимального применения в промышленных регенерируемых фильтрах. Необходимую дополнительную информацию можно получить в результате дополнительных испытаний материала по специальным методикам и на специальных стендах, дающих ответы на возникающие вопросы при решении конкретной задачи обеспыливания газа в регенерируемом фильтре.

2. В МГТУ им. А.Н. Косыгина разработан и изготовлен экспериментальный стенд для дополнительных испытаний фильтровальных материалов, используемых в промышленных рукавных и кассетных фильтрах с регенерацией фильтроэлементов обратной импульсной продувкой. Разработаны соответствующие методики испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гудим Л.И., Решетнев Д.С. Проектирование и испытание свойств нетканых фильтровальных материалов // Сб. научн. тр.: Актуальные проблемы технологии нетканых текстильных материалов. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2005. С.28...41.
2. Антонова А.С., Гудим Л.И. К оценке фильтровальных материалов регенерируемых промышленных фильтров // Сб. научн. тр. аспирантов. Вып. 15. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина., 2009.

Рекомендована кафедрой промышленной теплоэнергетики МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 03.06.11.