

УДК 621.745.5

КОНДЕНСАЦИОННАЯ ОЧИСТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ**О. В. Герасимова***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

При изучении способов очистки газов, образующихся в металлургическом производстве, выявлено, что для осуществления одновременного улавливания газообразных и дисперсных примесей наиболее эффективны конденсационные аппараты, реализующие дисперсный режим во взаимодействии фаз.

Ключевые слова: металлургия, очистка газов, аппараты мокрой очистки, конденсация, энергоэффективность.

CONDENSATION PURIFICATION OF INDUSTRIAL GASES**O. V. Gerasimova***Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

When studying methods for purifying gases generated in metallurgical production, it was revealed that for the simultaneous capture of gaseous and dispersed impurities, condensation devices that implement a dispersed regime in the interaction of phases are most effective.

Keywords: metallurgy, gas purification, wet cleaning devices, condensation, energy efficiency.

В связи с ухудшающейся экологической обстановкой проблема очистки промышленных газовых выбросов от газообразных и дисперсных примесей стала проблемой общенационального характера.

В настоящее время в мире в атмосферу ежегодно попадает около 25 млрд т только двуокиси углерода. В 1997 г. в рамках Конвенции ООН по изменению климата принят документ, по которому страны обязаны сократить выбросы в атмосферу двуокиси углерода, метана, азотных соединений, высокодисперсных частиц и других примесей, вызывающих парниковый эффект, до уровня 1990 г.

В связи со сложностью технологических процессов и оборудования металлургического производства в атмосферу поступают отходящие газы, содержащие различные по токсичности газы, пары, мелкодисперсные твердые частицы (пыль), зола и пр. На состояние окружающей среды в первую очередь влияют выбросы основных производственных цехов: плавильных, шихтовых, формовочных, термообрубных и вспомогательных отделений.

Сложность организации очистки газов на предприятиях металлургической промышленности заключается в необходимости одновременного удаления из отходящих газов газообразных и дисперсных (твердых или жидких) компонентов.

Снижение выбросов до предельно допустимых концентраций можно осуществить путем внедрения новых и интенсификации существующих технологических процессов очистки.

Анализ основных известных методов очистки (абсорбционных, адсорбционных, каталитических и термических) показывает, что для осуществления комплексной очистки газа наиболее приемлем абсорбционный («мокрый») способ. Мокрая очистка не требует дополнительной подготовки газов и применения дорогостоящих катализаторов или адсорбентов, позволяет одновременно проводить очистку от газовых выбросов и дисперсных частиц.

После сравнения аппаратов очистки и анализа характеристик аппаратов «мокрого» типа оказалось, что наибольшей эффективностью обладают высокоскоростные трубы Вентури, пенные аппараты, аппараты конденсационной очистки [1].

Конденсационные аппараты обладают преимуществами: одновременная очистка от дисперсных включений и газообразных веществ.

Улавливание газообразных компонентов обеспечивается физической или химической абсорбцией, для увеличения коэффициентов массоотдачи необходимо увеличить турбулизацию жидкости и газа. Для интенсификации данных процессов в конструкцию аппаратов необходимо установить завихрители, они обеспечат вращательно-поступательное движение пленки жидкости и тем самым стабилизируют ее течение за счет центробежной силы [2].

Для увеличения эффективности очистки отходящих газов необходимо создание дополнительной межфазной поверхности, для этого необходимо увеличить площадь пленкообразующей поверхности, что требует конструктивного усложнения аппарата, поэтому наиболее простым способом является увеличение концентрации капель в потоке за счет обеспечения дисперсного режима течения или дополнительного разбрызгивания жидкости в поток газа [3].

Улавливание частиц при дисперсном режиме осуществляется за счет их укрупнения по причине конденсации [4]. При необходимости повышения эффективности возможно улавливания частиц с использованием центробежной силы, возникающей при вращательно-поступательном движении потока.

Преимущества аппаратов такого типа заключается в возможности обеспечить высокую эффективность отделения дисперсной фазы при небольшом гидравлическом сопротивлении, низких энергозатратах и простой конструкции. Наилучшим образом данный тип аппаратов показывает себя для улавливания частиц с размерами менее 5–10 мкм и для частиц размером 0,5–1,0 мкм. Для улавливания частиц размером менее 1 мкм частицы укрупняют за счет ввода пара и конденсации на поверхности частиц за счет охлаждения потока через стенку канала одновременно с осаждением под действием центробежной силы в дисперсном режиме [5–7].

Качество разделения и гидравлическое сопротивление сепараторов зависят от диаметра канала, скорости и степени закрутки потока, а также конструктивного оформления основных зон, обеспечивающих формирование закрученного потока, сепарацию и выделение дисперсной фазы [8].

Внедрение в промышленность аппаратов, работающих в дисперсном режиме, сдерживается недостаточной изученностью протекающих в них процессов, сложностью моделирования и расчета межфазного взаимодействия в газожидкостном потоке. Традиционный подход к изучению таких систем базируется на фундаментальных законах классической механики, механики жидкости и газа, физической химии и термодинамики. Однако при моделировании тепло- или массообменных процессов и аппаратов с интенсивным взаимодействием фаз, учитывая неоднородность структуры потоков и неравномерность распределения параметров, необходимо наряду с детерминированными использовать вероятностно-стохастические методы и модели. В общем случае должны учитываться следующие случайные факторы: полидисперсный состав дисперсной фазы (твердых или жидких частиц) и его изменение во времени, стохастический характер движения и различное время пребывания частиц в объеме аппарата, флуктуации относительных скоростей фаз.

Литература

1. Справочник по пыле- и золоулавливанию / под общ. ред. А. А. Русанова. – М., 1983. – 312 с.
2. Массоотдача при свободном стекании пленки жидкости по наружным и внутренним поверхностям, груб / Н. М. Коновалов [и др.] // Теорет. основы хим. технологии, 1993. – С. 309–314.
3. Амелин, А. Г. Теоретические основы образования тумана при конденсации пара / А. Г. Амелин. – М., 1972. – 303 с.
4. Фукс, Н. А. Механика аэрозолей / Н. А. Фукс. – М., 1955. – 352 с.
5. Очистка промышленных газов от пыли / В. П. Ужов [и др.]. – М. : Химия, 1981. – 392 с.
6. Ужов, В. Н. Очистка газов мокрыми фильтрами / В. Н. Ужов, А. Ю. Вальдберг. – М. : Химия, 1972. – 410 с.
7. Сугак, Е. В. Расчет эффективности прямоточных сепараторов. Научно-технический и социальный прогресс лесопромышленного комплекса Восточно-Сибирского региона : сб. ст. / Е. В. Сугак. – Красноярск, 1990. – Т. 1. – С. 110–115
8. Низкоэнергетическая система очистки дымовых газов / С. Л. Ровин [и др.] // Литье и металлургия. – 2002. – № 2. – С. 118–120.

УДК 621

ТЕПЛООБМЕН МЕЖДУ ТВЕРДЫМИ ЧАСТИЦАМИ И ГАЗОМ

К. Джапбыев, Г. Атаев, С. Батыров, А. Иллиев

Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары

Определено, что при меняющейся температуре набегающего потока прилегающего к частице, слой обладает некоторой тепловой инерцией. В связи с этим изменение поля температур в пристенной области, определяющего теплопритоки к шару, может протекать медленнее, чем меняется разность температур газа к частиц. Отсюда и возможность отличий значений коэффициентов теплоотдачи в стационарном и нестационарном случаях.

Ключевые слова: межфазный теплообмен, коэффициент теплоотдачи, число Нусельта.

HEAT EXCHANGE BETWEEN SOLID PARTICLES AND GAS

K. Dzhapbyev, G. Ataev, S. Batyrov, A. Illiev

State Energy Institute of Turkmenistan, Mary

The physical meaning of the conclusion made is as follows: with a changing temperature of the free-stream flow adjacent to the particle, the layer has some thermal inertia. In this regard, changes in the temperature field in the near-wall region, which determines the heat flow to the ball, can occur more slowly than the change in the temperature difference between the gas and the particles. Hence the possibility of differences in the values of heat transfer coefficients in stationary and non-stationary cases.

Keywords: interfacial heat transfer, heat transfer coefficient, Nusselt number.

Для изучения межфазного теплообмена в плотном слое металлических шаров при монотонном изменении температуры газа рассмотрим модель межфазного теплообмена частиц и газа. Введем цилиндрическую систему координат (z, r, φ) , жестко связанную с частицей, ось направлена в сторону течения газа. Обозначим температуру газа T , температуру частиц t , u_f – скорость газа, λ_f , a_f , λ_h , a_h – коэффициенты теплопроводности, соответственно, газа и частиц. Пусть средняя температура газа в сечении [1, 2]:

$$T_g(\tau) = \frac{\iint ru_f T(0, r, \varphi, \tau) dr d\varphi}{\iint ru_f dr d\varphi}.$$