



*It is shown that using of gases against dust will allow not only to catch fine fractions of dust and to reduce the cost for clearance as well.*

Л. Е. РОВИН, О. В. ГЕРАСИМОВА, ГГТУ им. П. О. Сухого

УДК 621.182.94

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТА КОНДЕНСАЦИИ ДЛЯ УЛАВЛИВАНИЯ ПЫЛИ

Борьба с выбросами плавильных агрегатов весьма энергоемкий процесс, степень очистки экспоненциально связана с диаметром улавливаемых частиц и энергозатратами. Поэтому большое внимание уделяется применению новых высокоэффективных, но при этом низкоэнергоемких методов очистки.

Перспективным представляется использование для очистки от пыли эффекта конденсации. Конденсация присутствует во многих аппаратах очистки мокрого типа (насадочный скруббер, мокрый пылеуловитель, трубы Вентури), основанных на гравитационном и инерционном механизмах улавливания, но используется только как вспомогательный способ очистки. Процессы пылеосаждения в таких аппаратах проходят в условиях, когда парциальное давление пара ниже давления насыщения и за исключением отдельных зон, например, на выходе из труб Вентури, явление конденсации не может развиваться заметным образом.

Суть очистки газов от пыли с использованием эффекта конденсации заключается в том, что конденсация осуществляется на частицах пыли, служащих центрами конденсации. В результате на частичках формируются капли, которые по мере укрупнения могут быть удалены из газового потока при помощи простых каплеулавливающих аппаратов. При использовании эффекта конденсации для очистки необходимо создать условия пересыщения за счет охлаждения. При этом скорость охлаждения газов должна соответствовать скорости выделения скрытой теплоты парообразования:

$\frac{dq_n}{dt} \leq \frac{dt}{dt}(cp)$ . Охлаждение газа и повышение пересыщения могут происходить в результате адиабатического расширения, излучения, разбавления более холодным газом или подачи диспергированной воды, существенную роль играет контакт газа с холодной поверхностью газохода при турбулентном движении потока.

Процесс конденсации протекает на поверхности и в объеме, что нужно учитывать при расчете условий, необходимых для осуществления процесса конденсации. Тип конденсации – объемная или поверхностная, зависит от условий протекания процесса. Для пылеочистки наибольший интерес представляет естественно первая. В качестве центров конденсации могут выступать взвешенные в газе частички пыли, газовые ионы и кластеры, возникающие самопроизвольно в результате флуктуации аэрозолей. Степень пересыщения газа определяет ведущий механизм конденсации жидкости: чем меньше размер центра конденсации, тем больше должно быть пересыщение. Зависимость пересыщения от размера частиц, служащих центром конденсации, выражается уравнением Кельвина [1]:

$$\ln S = \frac{2\sigma M}{RT\rho r},$$

где  $S$  – пересыщение пара;  $\sigma$  – поверхностное натяжение конденсирующейся жидкости, Н/м<sup>2</sup>;  $M$  – масса моля жидкости, кг/моль;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T$  – температура парогазовой смеси, К;  $\rho$  – плотность конденсата, кг/м<sup>3</sup>;  $r$  – радиус капли, м.

Для центров конденсации размером 0,0001 мкм пересыщение должно быть примерно 3,5, для частиц  $r=0,01$  мкм  $S=1,6$ , для частиц  $r=0,1$  мкм  $S=1,12$ , а для частиц размером 10 мкм достаточно пересыщения 1,001 [1].

Дисперсный состав выбросов плавильных агрегатов различен, но доля частиц <10 мкм составляет от 20 до 90%. Для парогазовой смеси с частицами размером от 0,1 до 10 мкм конденсация начнется уже при пересыщении 1,12–1,001, если же учесть, что частицы могут быть заряжены и гигроскопичны, то конденсация пара наступит и при более низком пересыщении. При конденсации будет наблюдаться увеличение радиуса частиц за счет конденсации на их поверхности влаги

и для дальнейшей конденсации на их поверхности потребуется совсем незначительное пересыщение.

На пересыщение пара, а следовательно, и на скорость конденсации влияют ряд параметров, таких, как свойства и состав газа и жидкости, пары которой находятся в газе, температура, давление, режимы движения газа, а также природа ядер конденсации. При изменении параметров можно регулировать скорость конденсации, т. е. управлять процессом конденсации.

Эффект конденсации позволяет создать систему пылеулавливания, где выбросы от плавильного агрегата доводят до состояния насыщения обработкой в мокром аппарате очистки, а затем охлаждают, в результате чего происходит конденсация в объеме. Частицы пыли с конденсированной на них жидкостью будут оседать под действием силы тяжести, тем самым, очищая газы от пыли.

Система такого типа была успешно внедрена на Гомельском предприятии «САНТЭП». Ваграночная установка оснащена низкоэнергоемкой двухступенчатой системой очистки ваграночных газов.

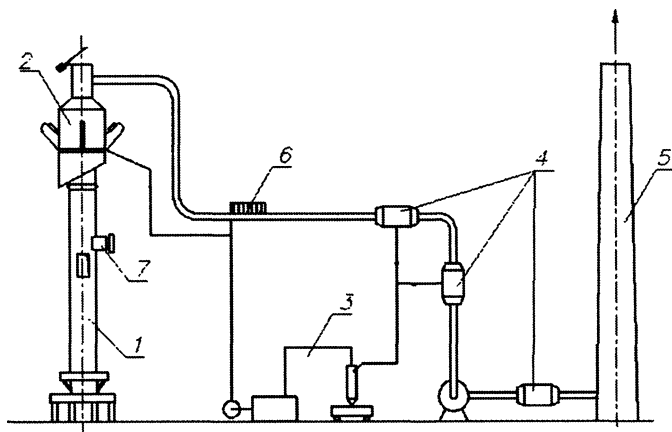


Схема ваграночной установки с конденсационной системой очистки: 1 - вагранка; 2 - мокрый пылеуловитель; 3 - система очистки и подачи воды; 4 - каплеуловители горизонтальный и вертикальный; 5 - дымовая труба; 6 - форсунки; 7 - узел дожигания СО

Первая ступень очистки состоит из узла дожигания ваграночных газов и мокрого пылеуловителя, вторая, основанная на использовании конденсационного пылеулавливания, - из орошаемого газохода длиной 120 м и трех лопастных каплеуловителей. Очищенные газы с помощью дымососа выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу высотой 35 м (см. рисунок).

На выходе из мокрого пылеуловителя газы имеют следующие параметры: температура - 80 °С, абсолютная влажность - 41,8 г/м<sup>3</sup>, относительная влажность - ≈100%, концентрация пыли - 0,45-0,65 г/м<sup>3</sup>. При охлаждении газа в трубопроводе до температуры меньше точки росы ( $t_{т.р.} = 35$  °С) начинается процесс конденсации в объеме. Охлаждение поверхности трубы за счет естественной конвекции ( $q = \alpha \Delta t$ ) происходит с интенсивностью 27 кВт (в данных условиях  $\alpha \approx 2,7$  Вт/(м<sup>2</sup>·К)), что приводит к конденсации в газоходе длиной примерно 100 м от пылеуловителя до дымососа ~50 кг воды в 1 ч при расходе газов ≈5000 м<sup>3</sup>/ч.

За время наладочных плавов и дальнейшей эксплуатации система обеспечила высокую эффективность обеспыливания. По результатам натуральных замеров на работающей вагранке система очистки полностью подтвердила теоретические расчеты. Эффективность очистки от пыли на выходе из системы не превышала 0,08-0,15 г/м<sup>3</sup>, а энергозатраты составили не более 0,8-1,0 кВт·ч на 1000 м<sup>3</sup> [2].

Использование процесса конденсации для очистки газов от пыли позволит не только улавливать высокодисперсные фракции пыли, но и снизить затраты на очистку газа.

### Литература

1. Амелин А.Г. Теоретические основы образования тумана при конденсации пара. М.: Химия, 1972.
2. Ровин С.Л., Ровин Л.Е., Селютин А.М., Русая Л.Н., Герасимова О.В. Низкоэнергоемкая система очистки дымовых газов // Литье и металлургия. 2002. № 2. С. 118-120.