



In the article there is given the description of the realized at Gomel enterprise "SANTEP" project of 3 ton cupola with the system of low-energy gas cleaning. The offered system at a low production cost provides efficient cleaning of gas emissions from dust and detrimental impurities.

С. Л. РОВИН, УП "ТЕХНОЛИТ", Белорусский национальный технический университет,
Л. Е. РОВИН, А. М. СЕЛЮТИН, Л. Н. РУСАЯ,
О. В. ГЕРАСИМОВА, ГГТУ им. П. О. Сухого

ВАГРАНОЧНАЯ УСТАНОВКА С НИЗКОЭНЕРГОЕМКОЙ СИСТЕМОЙ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

УДК 621.74

Гомельское ОАО "САНТЭП" — специализированное предприятие по производству эмалированной посуды и изделий санитарно-технического назначения. До 1998 г. чугунное литье на заводе получали с помощью блока вагранок производительностью 7 т/ч и индукционной печи ИЧТ-6. По причинам экономического характера выпуск изделий сократился, работа литейного цеха была приостановлена.

В последнее время в связи с ростом объемов строительства возросла потребность в изделиях санитарно-технического назначения. Возникла необходимость восстановления производства в объеме 2—3 тыс. т изделий в год с возможным увеличением объема выпуска в соответствии с потребностями рынка. Перед предприятием встала задача получения высококачественного кокильного литья, пригодного для эмалирования, с наименьшими капитальными затратами, расходом топлива, электроэнергии. В тоже время к предприятию предъявляются достаточно жесткие требования по

соблюдению норм ПДВ и санитарных правил, так как литейный цех расположен в черте города, непосредственно в жилом массиве.

Для достижения этих целей УП "Технолит" совместно с кафедрой "Машины и технология литейного производства" ГГТУ им. П. О. Сухого разработало проект комплексной ваграночной установки закрытого типа производительностью 3 т/ч с очисткой отходящих газов, шламоудалением и рециркуляцией воды взамен ранее использовавшихся плавильных агрегатов (см. рисунок).

Вагранка с внутренним диаметром 750 мм оснащена отдельным дутьем, причем второй ряд фурм расположен на 600 мм выше нижнего. Воздух распределяется между рядами фурм в соотношении 60:40, что составляет 1,9—2,4 и 1,3—1,6 тыс. м³/ч соответственно. Таким образом, расширяется зона горения, что улучшает условия теплообмена, позволяет получить металл с более высокой температурой, повысить маневренность агрегата и использовать менее качественное топливо. Вагранка

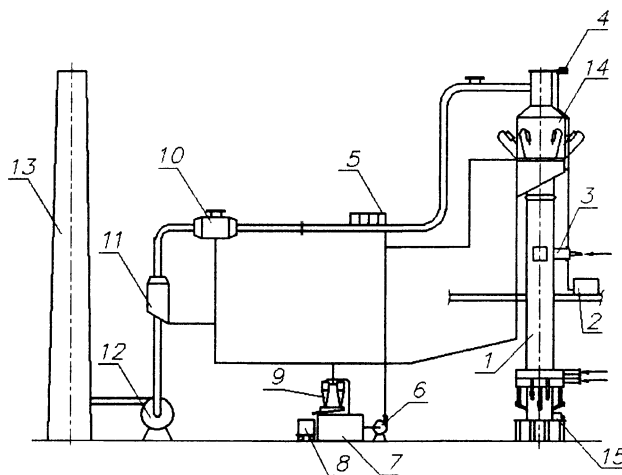


Схема комплексной ваграночной установки с системой очистки: 1 — вагранка; 2 — привод клапана; 3 — узел дожигания; 4 — клапан; 5 — система орошения; 6 — гидронасос; 7 — бадья; 8 — бак; 9 — гидроциклон; 10 — каплеуловитель горизонтальный; 11 — каплеуловитель вертикальный; 12 — дымосос; 13 — дымовая труба; 14 — мокрый пылеуловитель; 15 — шлакоотделитель

снабжена выносным шлакоотделителем для непрерывного выпуска металла и шлака и копильником емкостью 1,5 т. Наличие выносного компрессионного шлакоотделителя позволяет уменьшить время контакта жидкого металла с коксом в горне, что снижает насыщение серой и улучшает взаимодействие его со шлаком. Шихтовые материалы загружаются скиповым подъемником через склиз. Это дает возможность сократить размеры завалочного окна до $0,65 \times 0,81 \text{ м}^2$, тем самым уменьшить подсос воздуха в трубу вагранки. За счет этого сократилось разбавление ваграночных газов и улучшилось их горение. Предусмотрена также грануляция шлака. Система КИПиА обеспечивает контроль всех основных параметров установки и управление ими с пульта вагранщика.

Ваграночная установка оснащена низкоэнергоемкой двухступенчатой системой очистки ваграночных газов и системой шламоудаления и рециркуляции воды, работающей по бессточному принципу.

Система очистки выбросов состоит из узла дожигания ваграночных газов для уменьшения содержания оксида углерода (СО), мокрого пылеуловителя скрубберного типа (I ступень очистки), орошаемого газохода длиной 120 м, двух лопастных каплеуловителей, дымососов и дымовой трубы высотой 35 м (II ступень очистки).

Дожигание СО проводится в трубе вагранки с помощью газовой горелки с расходом $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($10 \text{ м}^3/\text{т}$ чугуна). С помощью переносной горелки зажигаются стационарная горелка-запальник, затем основная горелка. Факел продуктов горения с температурой $1100\text{--}1200 \text{ }^\circ\text{C}$ поступает в трубу вагранки в зоне завалочного окна и поджигает восходящий поток ваграночных газов. Газы горят в трубе вагранки (до мокрого пылеуловителя), их температура достигает $900\text{--}1000 \text{ }^\circ\text{C}$. Контроль горения осуществляется с помощью термопары вместе с потенциометром, который сигнализирует о погасании факела. В этом случае включается искровой разрядник. В случае, если горение не восстанавливается, автоматика отключает подачу газа и подает сигнал на пульт вагранщика. Эффективность дожигания в период плавки обеспечивает снижение концентраций СО в среднем до $0,5\text{--}1,0 \text{ г/м}^3$ при расходе $6\text{--}10 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ ($0,8\text{--}1,6 \text{ г/с}$). В период традиционного розжига холостой колоши с дровами и при отсутствии дожигания выбросы СО могут достигать $13,4\text{--}15,6 \text{ г/с}$ в среднем за период розжига. В проекте предусмотрен розжиг с помощью газовых горелок, что повышает температуру в слое кокса и сокращает время розжига до $15\text{--}20 \text{ мин}$, а следовательно, снижает и выбросы.

В качестве аппарата очистки от пыли на I ступени используется мокрый пылеуловитель скрубберного типа (МП), установленный непосредственно на шахту вагранки. Вода подается в количестве $7\text{--}8 \text{ м}^3/\text{ч}$ с помощью шести винтовых

форсунок. Система орошения, находящаяся вне корпуса, позволяет извлечь любую форсунку для ремонта и очистки, не останавливая работу вагранки или подачи воды. На выходе из пылеуловителя обеспечивается концентрация пыли $0,35\text{--}0,65 \text{ г/м}^3$, диоксида серы (SO_2) — $0,02\text{--}0,03 \text{ г/м}^3$, оксидов азота (NO_x) — $0,035\text{--}0,07 \text{ г/м}^3$. Газы охлаждаются в МП до $80\text{--}100 \text{ }^\circ\text{C}$ и насыщаются парами воды до $250\text{--}400 \text{ г/м}^3$. Пылеуловитель оснащен приводным клапаном. Закрытое положение клапана обеспечивает работу установки с двумя ступенями очистки. В случае технической необходимости открытый клапан позволит осуществить выход газов в атмосферу, т. е. обеспечит работу вагранки с одной ступенью очистки.

В настоящее время для эффективной очистки от пыли выбросов плавильных агрегатов широко используются системы, включающие трубы Вентури, тканевые и электрофильтры [1]. Однако использование труб Вентури связано с высокими энергозатратами ($6\text{--}10 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/1000 \text{ м}^3$). Установка тканевых фильтров требует дополнительных площадей, связана с трудностями в обслуживании, имеет ограничения по температуре газов. Применение электрофильтров ограничено наличием взрывоопасных газов и температурой выбросов. Причем все указанные системы требуют значительных капиталовложений, особенно последние.

Снижения удельных затрат можно добиться, используя сравнительно простые и низкоэнергоемкие аппараты (менее $0,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/1000 \text{ м}^3$ газа) — циклоны различной конструкции и скрубберы (мокрые пылеуловители). Они полностью удовлетворяют требованиям ПДВ при удалении грубодисперсных аэрозолей с медианным диаметром $d_m \geq 50 \text{ мкм}$. Однако с повышением дисперсности частиц эффективность таких аппаратов падает экспоненциально: фракции размером менее 5 мкм улавливаются не более чем на 20% , а микронные частицы практически не осаждаются.

Для ваграночной установки ОАО "САНТЭП" авторами была предложена система очистки, использующая принцип конденсационного пылеосаждения, повышающего эффективность улавливания высокодисперсных фракций пыли. Аппараты конденсационного пылеосаждения из-за недостаточной изученности процесса не получили пока широкого распространения и в системах обеспыливания плавильных печей ранее не применялись.

В предложенном же проекте в качестве II ступени для тонкой очистки от пыли, SO_2 , NO_x использован длинный орошаемый газоход, где происходит интенсивная конденсация насыщенного пара за счет снижения температуры газов с $80\text{--}100$ до $30\text{--}40 \text{ }^\circ\text{C}$.

Время пребывания аэрозолей в газоходу составляет $8\text{--}12 \text{ с}$, что достаточно для развития процесса конденсационного пылеосаждения. Пылинки служат центрами конденсации паров, что

приводит к росту массы капель. Таким образом, кажущаяся дисперсность понижается, и капли осаждаются, одновременно очищая газы от пыли.

Скорость конденсации можно характеризовать числом конденсирующихся молекул пара на единицу площади Z , $1/(m^2 \cdot c)$:

$$Z = \psi(p_n - p_{ж})(2\pi m_n K_6 T_r)^{-1/2}, \quad (1)$$

где ψ — коэффициент конденсации, выражающий долю молекул пара, которые, ударившись о поверхность жидкости, остаются на ней (для воды $\psi=0,03-0,24$); $p_n, p_{ж}$ — соответственно давление пара в поступающих газах и парциальное давление, 10^{-1} Па; m_n — масса молекулы пара, кг; $K_6 = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К — постоянная Больцмана; T_r — температура газовой смеси, К.

Из уравнения (1) следует, что интенсивность конденсации пропорциональна разности парциальных давлений паров воды в несущем газе и равновесного для данной температуры поверхности трубопровода или частицы. Скорость повышается с понижением температуры газов, а количество конденсата пропорционально суммарной поверхности частиц, т. е. дисперсности концентрации пыли. Система обладает определенной саморегуляцией: чем больше частиц — центров конденсации, тем интенсивней происходит конденсация и последующее осаждение капель с уловленными частицами.

Далее процесс идет за счет осаждения частиц в условиях роста капель воды.

Эффективность осаждения частиц при конденсации паров на растущей капле η_k может быть определена из выражения [2]:

$$\eta_k = \frac{144\pi\mu_r D_n (y_o - y_k)}{g\rho_c y' d_k (d_k^2 - d_c^2)}, \quad (2)$$

где ρ_c — плотность частицы, $кг/м^3$; μ_r — динамическая вязкость газов, $Па \cdot с$; D_n — коэффициент диффузии пара, $м^2/с$; y_o, y_k — концентрация пара соответственно в потоке и у поверхности капли, $кг/м^3$; y' — концентрация неконденсирующегося газа, $кг/м^3$; d_k — диаметр капли, м; d_c — диаметр частиц, м.

Из уравнения (2) следует, что для малых частиц эффективность захвата с уменьшением их размера остается почти постоянной и таким образом, желательное присутствие в потоке капель возможно меньшего размера.

Наибольшую эффективность предложенный способ очистки обеспечивает в случае, если наблюдается достаточно высокая насыщенность парами воды (в проекте предусмотрены 100%-ная влажность на входе в газопровод и дополнительное орошение в количестве до $4 м^3/ч$ при колебаниях влажности газов), перепад температур по тракту не менее $40-60^\circ C$, достаточное время в газопроводе (около 10 с, что более чем в 20 раз превышает время пребывания в МП и в 100 раз в трубе

Вентури), высокодисперсная пыль (пыль после МП имеет $d_m = 5-10$ мм, а концентрация — $0,35-0,65 г/м^3$) и высокая эффективность аппарата для улавливания капель конденсата (установлены последовательно два лопастных каплеуловителя, обеспечивающих улавливание капель $d \geq 1$ мм более 90% каждый).

Система позволяет сократить потери воды, так как пар из МП конденсируется и исключается каплеунос. На выходе из системы в соответствии с проектом планировались следующие концентрации вредных веществ, $г/м^3$: взвешенные вещества — $0,08-0,15$; CO — $0,5-1,0$; SO_2 — $0,002-0,005$; NO_x — $0,02-0,04$ при расходе газов $6000-10000 м^3/ч$. Плановые параметры были подтверждены в ходе промышленных испытаний ваграночной установки.

Для обработки загрязненной воды с концентрацией $1-2$ г взвешенных веществ на 1 л воды и извлечения шлама, образующегося после мокрой очистки, установка оснащена системой шламоудаления и циркуляции воды. На сливной магистрали установлены два напорных гидроциклона типа ГЦ-250 для осветления воды и отделения шлама. Вода накапливается в резервуаре объемом $12 м^3$ и с помощью насосов возвращается в систему очистки ваграночных газов. Шлам сбрасывается в баки.

В результате растворения SO_2 и NO_x по тракту очистки вода приобретает кислую реакцию (рН до 3,5). Для ее нейтрализации в резервуар добавляется известь в количестве $7-10$ кг/сут при работе установки в одну смену.

Достоинством данной системы является отсутствие потребности в производственных площадях: аппараты очистки монтируются на крыше, а система шламоудаления и дымососа — вне цеха. Энергозатраты в системе, включая транспортирование газа и воды, составят не более $0,8-1,0$ кВт·ч на $1000 м^3$, что примерно в $4-6$ раза ниже, чем при других типах систем очистки той же эффективности. Система позволяет сократить удельный расход воды на очистку за счет ликвидации потерь капельной влаги из пылеуловителей и конденсации паров.

На комплексной ваграночной установке, смонтированной в литейном цехе ОАО "САНТЭП", в течение января—февраля 2002 г. проводили экспериментальные и наладочные плавки. Испытания показали, что комплексная ваграночная установка соответствует проектной документации по всем основным экологическим и техническим характеристикам.

УП "Технолит" предлагает всем заинтересованным предприятиям разработку аналогичных систем очистки с увязкой и адаптацией их к конкретным условиям и действующим плавильным агрегатам Заказчика.

Литература

1. Ровин Л. Е., Ровин С. Л. Экологические характеристики плавильных печей // Литье и металлургия. 2001. № 4. С. 79—81.
2. Ужов В. Н., Вальдберг А. Ю. Очистка газов мокрыми фильтрами. М.: Химия, 1972.