



In the experience there is examined the problem of clarification of discharge from melting furnaces, there is being analyzed the existing situation on the most of Belarussian enterprises and are offered the ways of solution of this problem, including the measures on optimization of melting process and modernization of operating furnaces and also the creation of purification systems.

Л. Е. РОВИН, ГГТУ им. П. О. Сухого,
С. Л. РОВИН, БНТУ

УДК 621.745

СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Системы очистки вредных выбросов, образующихся при плавке металлов, являются важнейшей составной частью современных комплексных плавильных установок. Причем актуальность оснащения печей эффективными аппаратами очистки постоянно возрастает. Экологические факторы в ряде случаев определяют выбор типа плавильного агрегата. В Беларуси при высокой концентрации машиностроительных предприятий в крупных городах, в частности Минске, Гомеле, Могилеве, экологические требования к качеству очистки выбросов достаточно высоки. Ориентировочно они составляют по пыли и SO_2 не более $0,1 \text{ г/м}^3$, по CO — не более $0,1 \%$, NO_x — примерно $0,05 \text{ г/м}^3$. В ряде случаев — еще более жесткие.

Дополнительным условием, которое необходимо учитывать при выборе средств очистки,

является стремление к сокращению удельных энергозатрат как при плавке, например, за счет рекуперации тепла, так и непосредственно в процессе очистки. Использование отходящих загрязненных газов в качестве теплоносителей затруднительно из-за образования отложений пыли на теплообменных поверхностях. Так как теплопроводность таких отложений имеет величину $0,5-2,0 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, в то время как теплопроводность стали $200-250 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, отсюда резкое снижение КПД рекуператоров (в 2–3 раза).

В настоящее время для ваграночных комплексов, включающих системы очистки и рекуперации, приняты две основные схемы: с отбором газов выше и ниже завалочного окна (рис. 1). Оба варианта могут создаваться на основе как сухого, так и мокрого типа очистки.

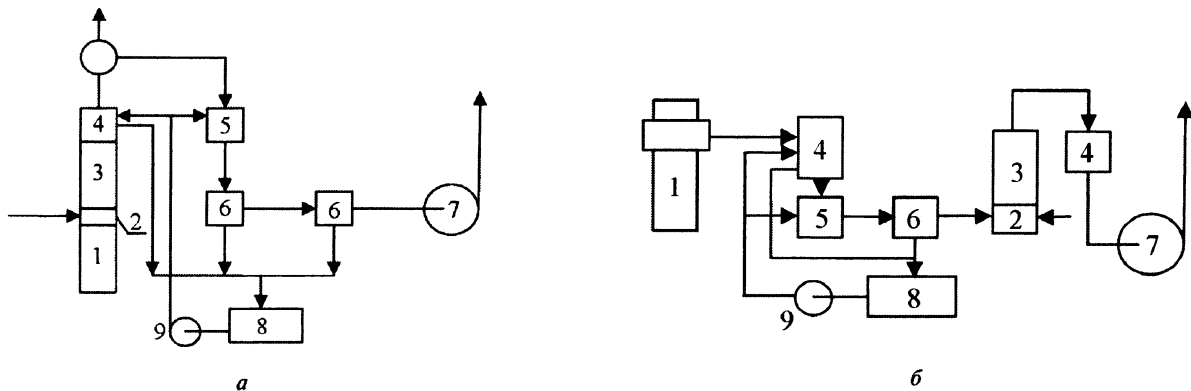


Рис. 1. Системы очистки и рекуперации вагранок с отбором выше (а) и ниже (б) завалочного окна: 1 — вагранка; 2 — узел дожига; 3 — рекуператор; 4 — пылеуловитель; 5 — труба Вентури; 6 — каплеуловитель; 7 — дымосос; 8 — шламоотделитель; 9 — насос

Первый вариант включает узел дожига, встроенный радиационный рекуператор, аппараты очистки первой и второй ступеней, выносной конвективный рекуператор (в случае использования сухой очистки), утилизатор (устанавливается по желанию заказчика), дымосос, дымовую трубу, систему КИПиА, систему шламоудаления (при мокрых аппаратах очистки). Отходящие газы при такой схеме дожигаются сразу по выходу из слоя шихты в трубе вагранки на высоте, равной 8–10 диаметрам

шахты. Как показала практика, дожигание CO осуществляется достаточно эффективно при использовании узла дожига с газовыми горелками производительностью $30-50 \text{ м}^3/\text{ч}$ для стабилизации воспламенения газов в зоне завалочного окна. Воздух, необходимый для горения, в 2,5 раза превышающий количество CO или примерно $1/3-1/2$ от расхода ваграночных газов, подсасывается через завалочное окно, размеры которого в таких схемах имеют важное значение. При центральной загрузке шихты высота окна состав-

ляет 2,5–3,5 м, что приводит к подосу воздуха, превышающем необходимое количество в 5–6 раз. В результате горение газов становится неустойчивым. «Сбивание» пламени при загрузке на 1–2 мин приводит к выбросу СО, примерно в 150 раз превышающему допустимый уровень.

Переход на боковую загрузку шихты по склизу позволяет уменьшить высоту до 0,7–0,8 м и установить регулирующие шторы. При этом обеспечивается стехиометрическое соотношение газ – воздух, стабилизируется как процесс горения газов, так и металлургические процессы плавки. Пример подобного решения имеется на ПО «МАЗ» и ряде предприятий для вагранок от 3 до 15 т/ч.

На гладкой цилиндрической поверхности радиационного рекуператора в условиях аperiodических пульсаций параметров отходящих газов, движущихся со средней скоростью более 10 м/с, осаждение пыли происходит с меньшей интенсивностью (1,0–1,5 мм за 80–120 ч работы). При толщине слоя около 2 мм происходит его отслаивание (денудация). Температура горящих газов в трубе вагранки достигает 900–1100 °С, что достаточно для нагрева дутья до 300–350 °С. Дожигание СО на выходе из слоя шихты делает эксплуатацию всей системы очистки безопасной. Выбор сухого или мокрого способа очистки зависит от условия использования или неиспользования физического тепла газов, прошедших радиационный рекуператор – I ступень. В первом случае необходимо применять сухую очистку, сохраняя тепло.

Очистка высокотемпературных газов затруднена, выбор аппаратов ограничен циклонами и инерционными пылеуловителями, имеющими низкую эффективность (~50 %) при осаждении высокодисперсной пыли (менее 10 мкм). Применение зернистых фильтров в данных условиях находится на стадии эксперимента.

Таким образом, конструкция выносного конвективного рекуператора (II ступень) должна также предусматривать защиту от осадений пыли и возможность периодической очистки поверхности. Вариант рекуператора такого типа разработан для Могилевского металлургического завода.

После конвективного рекуператора отходящие газы имеют температуру 250–350 °С и после разбавления воздухом подаются на тканевые фильтры при температуре около 100 °С. Низкотемпературное тепло после II ступени можно дополнительно использовать в утилизаторе – экономайзере для подогрева воды до 80–90 °С.

Второй вариант комплексных ваграночных установок с отбором ниже завалочного окна достаточно широко применяется в Европе. Его преимущества заключаются в компактности и меньшей энергоёмкости систем очистки, так как на очистку подаются газы без разбавления. Однако при этом весь газоход до рекуператора заполня-

ется горючими газами, что требует надежного контроля и быстродействующей автоматики безопасности. Необходимо строго поддерживать уровень завалки, так как наличие шихтовой пробки предотвращает прорыв воздуха в магистраль и воспламенение газов в узле отбора. Газы на выходе из вагранки должны эффективно охлаждаться до температуры 50–60 °С. Последующее их сжигание в выносном рекуператоре требует дополнительных затрат природного газа (до 20 м³ на 1000 м³ ваграночных газов).

Попытки использования подобных комплексных установок в Беларуси имели место на МТЗ и Гомельском литейном заводе «Центролит». Однако из-за недостаточной надежности и ряда конструктивных недостатков они были демонтированы.

Тонкая очистка отходящих газов плавильных печей представляет значительные трудности вследствие многокомпонентного состава вредных выбросов, высокой температуры и нестабильного режима. Поэтому выбор средств и типов аппаратов ограничен. Для обеспыливания в системах мокрого типа успешно применяются трубы Вентури и дезинтеграторы. В обоих случаях энергозатраты составляют около 10 кВт·ч/1000 м³. Перспективным направлением является использование установок конденсационного типа, в которых энергозатраты снижаются до 1–2 кВт·ч/1000 м³. Установка такого типа проходит производственную проверку на ОАО «САНТЭП» (г. Гомель). В стадии разработки находятся магнитные пылеуловители, повышающие качество очистки высокодисперсных частиц.

Аппараты сухого типа, обеспечивающие очистку до уровня менее 0,1 г/м³, – тканевые и электрофильтры требуют глубокого предварительного охлаждения. Если это выполняется за счет разбавления воздухом, то расход и габариты систем увеличиваются в 3–4 раза, что удорожает всю систему в целом.

Следует также учитывать, что мокрые системы, особенно конденсационные, эффективно улавливают SO₂ (до уровня 10–15 мг/м³) и NO_x (менее 30 мг/м³).

Системы очистки выбросов для электропечей, как правило, используют те же аппараты, что и на вагранках. В дополнение к трубам Вентури и дезинтеграторам достаточно эффективно могут использоваться также ротоклоны. Комплексные установки должны включать, помимо собственно электроплавильной печи, и установку подогрева шихты природным газом или (для электродуговых печей) отходящими печными газами. Основные схемы установок для электродуговых печей представлены на рис. 2. Здесь также можно выделить два варианта отбора газов: непосредственно из рабочего подсводного пространства через четвертое отверстие и из укрытия над сводом.

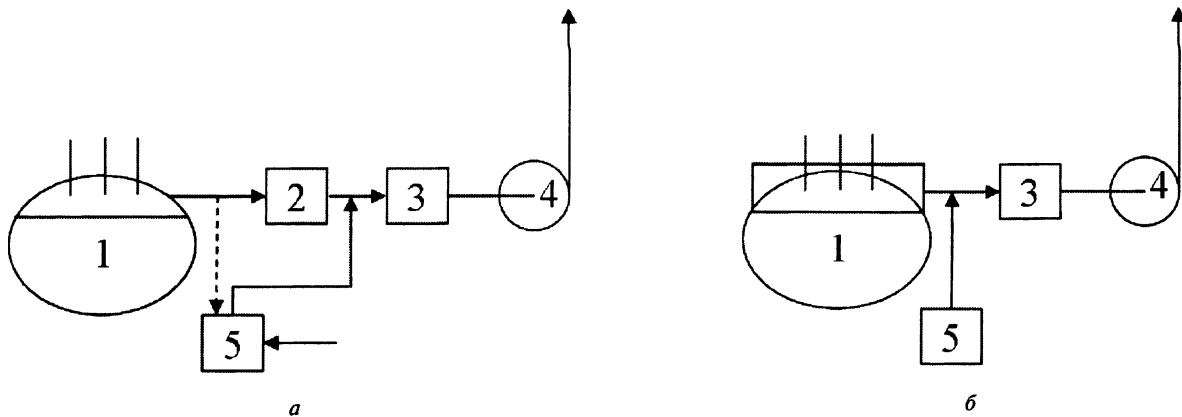


Рис. 2. Системы очистки выбросов электропечей с отбором из рабочей зоны (а) и из укрытия (б): 1 – электродуговая печь; 2 – пылеуловитель-охладитель; 3 – ротоклон; 4 – дымосос; 5 – установка подогрева шихты

При отборе газов из-под свода печи температура на выходе достигает 1200 °С и более, при этом происходит интенсивное догорание СО за счет подсоса воздуха в разъем узла отбора газов. При герметизации отбора система очистки и рекуперации имеет те же характерные особенности, что и ваграночная с отбором ниже завалочного окна.

При отборе из укрытия печи влияние системы на технологию плавки незначительно, но объем газов увеличивается со 150–200 до 1000–1500 м³/т производительности печи.

В настоящее время задача оснащения плавильных печей литейных цехов Беларуси системами очистки и утилизации тепла является чрезвычайно актуальной. На основе имеющегося опыта разработки и использования систем очистки и рекуперации можно рекомендовать следующие пути решения. За основу целесообразно принять варианты с отбором газов выше завалочного окна (для вагранок) и из укрытий над сводом (для

электродуговых печей). Учитывая относительно небольшую стоимость и потребность в площадях мокрых систем очистки, использовать преимущественно орошаемые аппараты. При отсутствии крупных финансовых резервов осуществлять внедрение комплексных систем поэтапно. На первом этапе – узел дожигания, встроенный рекуператор и мокрый пылеуловитель с системой шламоудаления. Получив экономический эффект от сокращения расхода кокса на 15–20 %, затем приступить к развитию системы за счет аппаратов тонкой очистки, дымососа и других периферийных устройств. Далее могут быть установлены выносной рекуператор и утилизатор тепла. Одновременно весь комплекс оснащается системой КИПиА.

Внедрение комплексных плавильных установок с эффективными системами очистки и рекуперации не только решает экологические проблемы плавки, но и обеспечивает снижение удельных энергозатрат.