

перемешивания жидкой ванны сталеплавильной печи при продувке её кислородом через три сводовые фурмы.

В качестве критерия оптимальности принимается величина средневзвешенного удельного количества движения жидкости в ванне:

$$(m \cdot \bar{u})_{y0} = \sum_{i=1}^N (m \bar{u})_i / V_v, \text{ кг} \cdot \text{м} / (\text{с} \cdot \text{м}^3), \quad (1)$$

где m – масса, кг; u – скорость, м/с; V_v – объем ванны, м^3 ; N – количество частей, на которые условно разбивается весь объем ванны.

Перспективным для двухванной печи является применение трех сводовых фурм, причем средняя фурма подает струи кислорода через головку вертикально в ванну, а две другие фурмы имеют наклонные головки под углом 45° к вертикали, что обеспечивает перемешивание шлака вокруг оси первой фурмы, т.к. эти боковые фурмы подвернуты под углом 45° к поперечной оси ванны.

Расход воздуха на модели рассчитываем из условия равенства относительно импульса струй газа (критерия Ньютона) для двухванной печи и холодной модели: $J_c / (\rho_{ж} \cdot g \cdot L_n^3) = J_m / (\rho_m \cdot g \cdot L_m^3)$, (2)

где $\rho_{ж}$ и ρ_m – плотность жидкости в ванне для печи (металл) и модели (раствор соли), $\text{кг}/\text{м}^3$; g – гравитационное ускорение, $\text{м}/\text{с}^2$; L_n и L_m – характерный размер печи и модели, м; J_c и J_m – потоки импульса газовых струй при истечении из сопел фурмы для печи и модели, Н; $J = G \cdot \bar{u}$, где G – массовый расход газа, $\text{кг}/\text{с}$.

Следует отметить, что в выражении (1) для критерия оптимальности знаменатель (объем ванны - V_v) постоянен, поэтому можно использовать в качестве критерия оптимальности только выражение в числителе, т.е. суммарное количество жидкости:

$$\sum (m \bar{u}) = \sum_{i=1}^N (m \cdot \bar{u})_i, \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}. \quad (3)$$

Анализ результатов исследования показал, что все зависимости $(m \cdot \bar{u})_i$ имеют одинаковый характер и максимум при значении угла поворота фурмы 45° , т.е. в этих случаях движение боковых фурм обеспечивается повышением интенсивности перемешивания ванны примерно в 4 раза, в сравнении с подачей в ванну вертикальных потоков окислителя. Одновременно наблюдается и увеличение степени перемешивания жидкости в ванне, вне пределов взаимодействия струй газа с расплавом, т.е. в остальных частях ванны в 1,5÷2 раза.

Работа выполнена под руководством проф., д.т.н. Меркера Э.Э.

О ТЕРМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ГОРЕНИЯ ОКСИДА УГЛЕРОДА В АТМОСФЕРЕ КОНВЕРТОРА

Карпенко Г.А.

Старооскольский технологический институт
(филиал) МИСиС,
Старый Оскол

Существенный резерв улучшения теплового баланса и снижения расхода чугуна при выплавки стали в конверторе с верхней продувкой – увеличение количества диоксида углерода (CO_2) в продуктах окисления. Повышение содержания (CO_2) в отходящих газах на 1% позволяет снизить расход чугуна на 3,5 кг/т, а следовательно увеличить расход лома на процесс и повысить производительность агрегата.

Одной из особенностей процесса горения окиси углерода (CO) в потоке кислорода (O_2) является влияние паров воды (H_2O) и ряда других соединений водорода (H_2 , OH , и др.) на его скорость. Например, Н.Н. Бекетов, Г. Диксон и другие авторы обратили внимание на плохую воспламеняемость смеси $\text{CO}+\text{O}_2$ в отсутствии влаги. Тщательное изучение (А.Р. Уббе-лоде, В. Бон и другие) этого вопроса привело к выводу о полной негорючести абсолютно сухой смеси $\text{CO}+\text{O}_2$ не содержащей водородных соединений.

Согласно Я.Б. Зельдовичу и Н.Н. Семенову скорость распространения пламени пропорционально корню квадратному из концентрации паров воды:

$$u_n \sim \sqrt{p_{\text{H}_2\text{O}}} \approx \sqrt{p_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Перечисленные факторы позволяют считать, что вода и другие соединения водорода являются веществами, необходимыми не только для воспламенения CO , но и для дальнейшего развития процесса горения.

Исследования свидетельствуют о возможности эффективного дожигания CO в атмосфере конвертора струями O_2 , что подтверждает наличие водородных соединений в отходящих из зоны продувки газов.

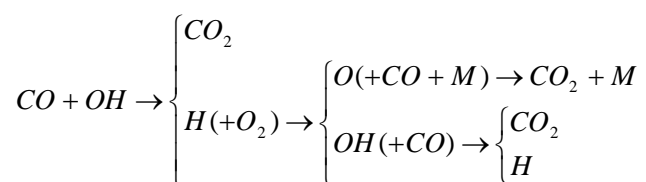
Присутствие водяных паров (H_2O) в смесях $\text{CO}+\text{O}_2$ ведет к образованию активных частиц, т.е. атомов и радикалов H , O и OH , обнаруженных при горении водорода.

Исследованиями О.А. Есина и П.В. Гельда установлено, что соотношение констант скоростей реакции O с O_2 и CO составляет 40:1, свидетельствует о высоких скоростях протекания реакции: $\text{O}+\text{O}_2+\text{M}=\text{O}_3+\text{M}$ и $\text{O}+\text{CO}+\text{M}=\text{CO}_2+\text{M}$, где M – любая молекула, отводящая избыточную энергию при тройном соударении.

Так как гидроксил (OH) является одним из промежуточных продуктов процесса горения, то присутствие частиц OH вызывает активную реакцию в цепи: $\text{OH}+\text{CO}=\text{CO}_2+\text{H}$.

Поскольку все элементарные превращения при горении CO непосредственно связаны с присутствием в газе водорода или его соединений, становятся понятными не воспламеняемость сухой смеси $\text{CO}+\text{O}_2$ и тормозящее действие некоторых примесей практически необратимо связывающих H_2 .

Процесс горения CO при высоких температурах (более 1000 К) можно представить в виде следующей простейшей схемы неразветвленной цепи:



Из приведенной схемы следует, что скорость горения CO прямо пропорциональна концентрации CO и H₂O. Очевидным является то, что цепной механизм процесса горения CO в струях кислорода, подаваемых над зоной продувки и навстречу потоку отходящих газов в конверторе, при температурах 1500÷2500K и при стехиометрических соотношениях компонентов горения, не является лимитирующим.

Таким образом, термодинамические и теплофизические условия в атмосфере конвертора являются достаточными для обеспечения высокой эффективности дожигания CO в потоке кислорода, что способствует получению дополнительного тепла для нагрева металла и шлака в ванне агрегата.

Работа выполнена под руководством проф., д.т.н. Меркера Э.Э.

ОЦЕНКА РОЛИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО СВОЙСТВАМ МЕТАЛЛОВ В КУРСЕ ФИЗИКИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ – МЕТАЛЛУРГОВ

Карпенко Г.А., Меркер Э.Э.

*Старооскольский технологический институт
(филиал) МИСиС,
Старый Оскол*

В современных условиях вузовской подготовки, например, инженеров – металлургов, роль лабораторного практикума в курсе физики по-прежнему весьма велика в формировании модели специалиста.

Предлагаемые лабораторные работы по разделу курса физики «Физические свойства металлов и сплавов», являются базовыми в понимании и освоении дисциплин как общеинженерных (теплотехника, электротехника, теплоэнергетика и другие), так и в специальных курсах: общая теория и тепловая работа металлургических печей, электрометаллургия стали, металлургия чугуна, специальные стали и сплавы, металловедение, термообработка металлов и другие. Например, в лабораторной работе «Взаимосвязь теплопроводности и электропроводности металлов и сплавов», например, используется метод измерения теплопроводности стержней с круглым сечением из сталей, чистой меди и алюминия. На каждый стержень насаживаются две обмотки: компенсационная и измерительная. Тепловой поток, вырабатываемый измерительной обмоткой, распространяется только вниз по стержню, а ток в компенсационной обмотке подбирается так, чтобы дифференциальная термопара в блоке с измерительной обмоткой показывает разность температур T₂-T₁ между точками на расстоянии 100 мм. Причем нижняя часть стержня, где находится измерительная обмотка, непрерывно охлаждается водой. При установлении стационарного теплового режима измеряется коэффициент теплопроводности (λ)

стержня на основе зависимости $IU = \lambda \cdot S(T_2 - T_1)/x$ (1), где S – площадь сечения стержня, м²; I и U – сила тока и напряжения в сети измерительной обмотки.

Далее студентами измеряется удельная электропроводность металлов и сплавов, например, методом амперметра – потенциометра, а на основе формулы Лоренца для сплавов железа $\lambda = 0,625 \cdot 10^{-8} \sigma \cdot E + 0,006$ вычисляется значение λ и сравнивается с данными полученными по формуле (1). Для меди значение λ находим из уравнения $\lambda = 0,571 \cdot 10^{-8} \sigma \cdot T + 0,018$, где σ определяется в единицах 1/(мкОм·см). В другой лабораторной работе осуществляется методика «Измерение теплоемкости металлов методом охлаждения» с использованием закона конвективного теплообмена Ньютона-Рихмана

$$\Delta Q = \bar{c} \cdot m \cdot \Delta T = \alpha \cdot s'(T - T_0), \quad (2)$$

где ΔT – измерение температуры тела при охлаждении за время Δt; ΔQ – тепло, отданное стержнем в окружающую среду, Вт/м²; \bar{c} , m, α, s' – удельная теплоемкость, масса стержня, коэффициент теплоотдачи и боковая поверхность стержня; T и T₀ – температура стержня и окружающей среды, К. Температуры разных стержней измеряются термопарой, таким образом величины ΔT, α, s' и T-T₀ одинаковы для всех стержней, что позволяет для двух разных стержней (цилиндров) записать:

$$\bar{c}_1 \cdot m_1 / (\bar{c}_2 m_2) = \Delta \tau_1 / \Delta \tau_2. \quad (3)$$

Из формулы (3), считая \bar{c}_1 известной величиной (для меди, например), можно найти неизвестную теплоемкость \bar{c}_2 . Вычисляя удельные теплоемкости далее для железа и алюминия сравниваются эти данные с другими опытными данными и оценивается степень совпадения этих результатов. Методика оценки достоверности опытных данных используется студентами и в других технических дисциплинах и в экспериментах при выполнении курсовых и дипломных работ.

Практика работы выпускающей кафедры МТП СТИ (ф) МИСиС показывает, что на основе приобретенного экспериментального опыта на лабораторных работах в курсе физики студенты в дальнейшем с успехом используют полученные знания при выполнении не только лабораторных работ на спецкурсах, но и при выполнении курсовых научно - исследовательских работ (КНИР), а затем полученные при выполнении КНИР данные успешно используются в дипломных работах (проектах) с защитами их в государственных аттестационных комиссиях.

Работа выполнена под руководством проф., д.т.н. Меркера Э.Э.