Энергосберегающие технологии

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ДУТЬЕВОЙ РЕЖИМ КОНВЕРТЕРНОЙ ВАННЫ КИСЛОРОДОМ

Карпенко Г.А., Меркер Э.Э., Казаков С.В.
Старооскольский технологический институт (филиал) Московского государственного института стали и сплавов (технологический университет)

Производительность ($P_к$, т/ч) кислородно-конвертерного агрегата и длительность конвертерной плавки ($\tau_{пл}$, ч) стали определяется уровнем теплопоглощения расплава в зоне продувки, т.е $P_к=G/\tau_{пл}$, где G – масса металла в конвертере, т.

Длительность конвертерной плавки обратно пропорциональна средней плотности теплового потока ($q_{пов}^{ср}$, кВт/м^2) на развитую поверхность металла ($S_{р.з.}$, м^2) в барботажной зоне продувки агрегата и определяется по выражению:

$$t_{пл} = G \cdot \Delta i \big/ \left(S_{р.з.} \cdot q_{пов}^{ср}\right), \quad (1)$$

где Δi – необходимое увеличение энтальпии металла по ходу продувки расплава кислородом в конверторе, кВт·ч.

Тепловой поток от струй дожигания оксида углерода (CO) на поверхность зоны продувки равен:

$$q_{пов}^{ср} = h_{кит}^{CO}\left(\Sigma Q_{CO}^{дож} \big/ S_{р.з.}\right), \quad (2)$$

Где $h_{кит}^{CO}$ - коэффициент передачи тепла металлу от струй дожигания; $\Sigma Q_{CO}^{дож}$ - суммарный приход тепла от струй дожигания CO при дополнительной подаче кислорода (O_2) над поверхностью металла в зоне продувке, кВт.

После подстановки $q_{пов}^{ср}$ из выражения (2) в уравнение (1) для $\tau_{пл}$ получим формулу:

$$t_{пл} = G \cdot \Delta i \big/ \left(\Sigma Q_{CO}^{дож} \cdot h_{кит}^{CO}\right), \quad (3)$$

где $\Sigma Q_{CO}^{дож} = V_{CO} \cdot r_{CO} \cdot 10{,}15 \cdot 10^3$, кВт; ρ - плотность газа, кг/м^3; значение $10{,}15 \cdot 10^3$ соответствует удельному количеству тепла, выделяемого при сжигании 1 кг CO, кДж/кг.

Из выражения (3) следует, что при постоянных значениях G и Δi длительность плавки заметно снижается ($\tau_{пл}$), а следовательно и производительность ($P_к$) конвертера возрастает с увеличением $\Sigma Q_{CO}^{дож}$ и $h_{кит}^{CO}$, что свидетельствует об эффективности применения новых [1, 2] фурм для продувки конвертерной ванны двухъярусным потоком кислорода.

Объем оксида углерода (V_{CO}) дожигаемого в струях O_2, равен удвоенному расходу кислорода, подаваемого над поверхностью металла в зоне продувки ($S_{р.з.}$), т.е. $V_{CO} = 2 \cdot I_{O_2}^{дож}$, м^3/с. В свою очередь расход O_2 на дожигание CO определяется условиями технологии конвертерной плавки [1,3].

При соответствующих параметрах дутьевого режима конвертерной ванны кислородом определяем значение $h_{кит}^{CO}$ в системе встречных газовых потоков над зоной продувки по выражению:

$$h_{кит}^{CO} = \frac{\left[a_{\Sigma}(T_c - T_м) - K_c\{CO_2\}_s \cdot Q_{CO_2}\right] \cdot 100}{I_{O_2}^{дож} \cdot r_{CO} \cdot b_0 \cdot Q_{CO}(32/22{,}4)} = \left[\frac{\left(Q_{CO}^{м} - Q_{CO_2}^{энд}\right) \cdot 100}{Q_{CO}^{в}}\right] = \left[K_{эф} - \frac{S_{р.з.} \cdot K_c \cdot \{CO_2\}_s \cdot Q_{CO_2}}{Q_{CO}^{в}}\right] \cdot 100 \quad (4)$$

где $Q_{CO}^{м}$, $Q_{CO_2}^{энд}$ и $Q_{CO}^{в}$ - теплоусвоенное металлом, эндотермические потери тепла и теплоусвоенное ванной (металлом и шлаком); $K_{эф} = Q_{CO}^{м} \big/ Q_{CO}^{в}$ - эффективный коэффициент теплопередачи от струй дожигания металлу.

Анализ выражения (4) показывает, что при $K_{эф}$=const повышение $Q_{CO}^{в}$ и снижения величины $Q_{CO_2}^{энд} = S_{р.з.} \cdot K_c \cdot \{CO_2\}_s \cdot Q_{CO_2}$ коэффициент $h_{кит}^{CO} \to 1$, т.е. возрастает, а это способствует снижению $\tau_{пл}$ (ур-е 3) и повышению производительности агрегата ($P_к \to max$) конвертерного агрегата.

На основе проведенных исследований предложена структура технологической модели и разработан алгоритм расчета параметров конвертерной плавки, позволяющий их прогнозировать по ходу продувки и оптимизировать процессы шлакообразования, нагрева и обезуглероживания металла при различных режимах дутья в агрегате.

Термодинамические расчеты и анализ процесса дожигания CO в конвертере показали, что реакция $CO+0{,}5O2 \to CO_2$ в объеме газошлакометаллической эмульсии является необратимой в интервале до 2000°К в рабочем пространстве конвертера вне барботажной зоны продувки. В том случае, если струи дожигания CO направляются непосредственно на поверхность барботажной зоны продувки, где температура достигает 2500°С, то имеют место значительные тепловые потери в результате диссоциации CO_2, поступающего на поверхность металла, а также за счет эндотермических реакций восстановления CO_2 железом и углеродом при подаче струй дожигания на поверхность металла и его брызг над реакционной зоной.

Следовательно, целесообразным является такой дутьевой режим с дожиганием CO в струях O_2 над зоной продувки, при котором струи дожигания находятся на оптимальном расстоянии от головки фурмы и направляются на поверхность переходной зоны шлак-металл вне объема барботажной зоны продувки в конвертере.

Экспериментальным путем по результатам исследований на 5 т конвертере установлено, что при использовании режима дожигания CO в струях O_2 для соответствующего дутьевого режима продувки кон-

вертерной ванны существует оптимум для зависимости термического к.п.д. дожигания ($\eta_т$) от соотношения расходов $J^{дож}_{O_2} / J_{O_2}$, $H/H_ф$ и r/r_0, где H - текущее расстояние сопел дожигания относительно $H_ф$ и r – текущий радиус струи дожигания относительно начального радиуса r_0 струи кислорода, поступающего в зону газошлакометаллической эмульсии на дожигание CO. Экстремальный характер зависимости $\eta_т$ вызван газодинамическими и теплофизическими свойствами газоструйной системы из O_2 при внедрении струй дожигания на поверхность металла в зоне продувки, заключающиеся в том, что при определенных условиях $\sum Q^{дож}_{co}$ =const по мере увеличения $J^{дож}_{o2}$ возрастают потери тепла $Q^{CO_2}_{энд}$ и $Q^{г}_{ух}$, что снижает $Q^{в}_{co}$ и $\eta_т$ при данных значениях $H/H_ф$ и r/r_0 в системе встречных газовых потоков.

Таким образом, организация оптимального дутьевого режима конвертерной ванны с применением дополнительного дожигания оксида углерода струями кислорода над поверхностью зоны продувки позволяет интенсифицировать теплопередачу (излучением и конвекцией) от струй дожигания CO над поверхностью барботируемого металла, что способствует повышению производительности и улучшению технико-экономических показателей агрегата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меркер Э.Э. Карпенко Г.А.. Известия вузов «Черная металлургия». 2000. №4. с. 12-14.

2. Кобеза И.И. Энергосберегающие методы интенсификации сталеплавильных процессов. М.: Металлургия, 1988. – 167 с.

3. Меркер Э.Э. Газодинамическая защита зоны продувки в сталеплавильных агрегатах. М.: Металлургия, 1994. – 176 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ОДНОФАЗНЫХ ТРАНЗИСТОРНЫХ ИНВЕРТОРОВ

Магазинник Л.Т., Магазинник Л.М.
Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск

Однофазные транзисторные инверторы широко применяются в различных вторичных источниках питания в диапазоне мощностей от десятков Вт (бытовая видео и аудио аппаратура) до нескольких кВт (электросварочные аппараты инверторного типа, однофазные плазмотроны, низковольтные электроприводы специального назначения и т.д).

Известны однофазные инверторы, содержащие транзисторный мост, подключенный диагональю постоянного тока к источнику питания, а диагональю переменного тока – к трансформаторной нагрузке в виде силового согласующего трансформатора, связанного вторичной обмоткой с упомянутой нагрузкой. Для возврата реактивной мощности в источник питания транзисторный инвертор шунтируется обратным диодным мостом [1].

Высокая частота на выходе инвертора позволяет резко уменьшить габариты силового согласующего трансформатора. Современные фирмы-производители источников питания инверторного типа доводят частоту инверторов до 100 кГц, при выходной мощности в три и более кВт [2]. Однако повышение частоты инвертора порождает ряд проблем: увеличиваются коммутационные потери в силовых транзисторах и других полупроводниковых элементах инвертора; растут требования к частотным характеристикам элементной базы и, следовательно, растет ее стоимость; из-за неизбежной асимметрии в диагонали переменного тока транзисторного моста появляется постоянная составляющая, что делает неэффективной мостовую схему. Трансформатор требуется выполнять с зазором в сердечнике и использовать лишь на частной петле гистерезиса. Именно последняя из перечисленных проблем обусловила переход от "классических" мостовых инверторов к однотактным инверторам.

Исключить постоянную составляющую в выходном напряжении инвертора позволяет устройство, у которого последовательно с первичной обмоткой силового согласующего трансформатора включен конденсатор [3]. Однако в этом случае возможно возникновение резонанса напряжений из-за последовательного соединения индуктивности (трансформатор) и емкости (конденсатор), даже если $X_c \neq X_L$, где X_c – реактанс конденсатора, а X_L - реактанс трансформатора. Резонанс напряжений, как известно, может привести к существенным перенапряжениям, особенно на холостом ходу установки, то есть при отсутствии нагрузки, и нарушить работоспособность устройства.

Устройство [4], позволяющее исключить резонанс напряжений при любых соотношениях реактансов трансформатора и последовательно соединенного с ним конденсатора, содержит обратный диодный мост и подключенный диагональю постоянного тока к источнику питания со сглаживающим конденсатором на выходе, а диагональю переменного тока к трансформаторной нагрузке через последовательно включенный с первичной обмоткой трансформатора конденсатор, упомянутый трансформатор снабжен дополнительной обмоткой возврата реактивной мощности, подключенной к диагонали переменного тока обратного диодного моста, а между одним из полюсов диагонали постоянного тока обратного диодного моста и одноименным полюсом источника питания включен в проводящем направлении по отношению к упомянутому диодному мосту транзисторный ключ, управляющий вход которого связан с логической схемой "И" в составе двух оптоэлектронных пар и резисторного делителя напряжения, причем светодиоды упомянутых оптоэлектронных пар соединены согласно-последовательно друг с другом и объединены общей точкой с одной из вершин диагонали переменного тока транзисторного моста, а их свободные выводы через токоограничивающие резисторы подключены в проводящем направлении к полюсам источника питания. Фотодиоды упомянутых оптоэлектронных пар также соединены согласно-последовательно, анод одного из которых подключен к управляющему входу транзисторного ключа, а катод другого фотодиода – к общей точке упомянутого резисторного делителя на-