



УКРАЇНА

(19) UA (11) 12676 (13) C1

(51) C 21 C 5/30

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ РІВНЯ ВАННИ У КОНВЕРТЕРІ

1

(20) 94321868, 17.05.93

(21) 4842998/SU

(22) 26.06.90

(24) 28.02.97

(46) 28.02.97. Бюл. № 1

(56) Патент Японії № 63-65012, кл. C 21 C 5/28, 1988

(72) Богушевський Володимир Святославо-
вич, Лигозький Ігор Леонідович, Іванов
Євген Анатольович, Поживанов Михайло
Олександрович, Сорокін Микола Олександр-
ович, Церковницький Микола Сергійович,
Семенченко Петро Михайлович, Ганошенко
Володимир Іванович, Сорокін Валерій Ва-
сильович(73) Орендне підприємство "Металургійний
комбінат "Азовсталь" (UA)(57) Устрійство контролю рівня ванни в
конвертері, що містить измеритель реак-
ції опор фурми в процесі продувки, поло-
ження фурми відносно неподвижних
конструкцій конвертера і расхода кисло-
рода, о т л и ч а ю щ е с я т е м , ч т о о н о
доповнительно содержит измеритель вре-
мени запаздывания изменения температу-
ры воды, охлаждающей фурму, при резком
изменении температурного режима в рабо-

2

чем пространстве конвертера и давления
кислорода перед фурмой, причем измерите-
ли уровня ванны в спокойном состоянии и
положения фурмы относительно неподвиж-
ных конструкций конвертера соединены
между собой через первый сумматор, а блок
ввода начальных условий подсоединен к
первому входу второго сумматора, ко второ-
му входу которого через измеритель време-
ни запаздывания изменения температуры
воды, охлаждающей фурму, при резком из-
менении температурного режима в рабочем
пространстве конвертера подсоединен из-
меритель температуры воды, выход первого
сумматора непосредственно, а второго – че-
рез третий сумматор соединены с блоком
деления, измеритель давления кислорода
перед фурмой через первый блок умноже-
ния, блок извлечения корня подсоединен к
первому входу второго блока умножения, ко
второму входу которого подсоединен изме-
ритель расхода кислорода, выход второго
блока умножения подсоединен к третьему
сумматору, к которому также подсоединен
измеритель реакции опор фурмы в процессе
продувки, выход блока деления подсоеди-
нен к блоку указания.

Изобретение относится к области конт-
роля и управления агрегатами черной метал-
лургии, конкретнее к управлению
кислородными конвертерами, и может быть
использовано в конвертерных и других ста-
леплавильных цехах.

Наиболее близким по технической сущ-
ности к заявляемому изобретению является
устройство контроля шлакообразования в

конвертере (уровня металлошлакогазовой
эмульсии), содержащее измерители реакции
опор фурмы в процессе продувки, рассто-
яния фурмы относительно неподвижной кон-
струкции конвертера и расхода кислорода.
Использование этого устройства приводит к
погрешности, связанной с тем, что не учиты-
вается изменение массы фурмы вследствие
наслоения на нее металлошлаковой эмуль-

(19) UA (11) 12676 (13) C1

сии в процессе продувки. Кроме того, устройство не учитывает силу реактивной тяги кислорода, вытекающего из сопел фурменного наконечника.

Целью изобретения является повышение точности контроля уровня ванны в конвертере.

На фиг.1 представлена структурная схема устройства; на фиг.2 — блок-схема измерителя времени запаздывания.

Измеритель 1 уровня ванны в спокойном состоянии соединен с первым сумматором 2, к второму входу которого подключен измеритель 3 положения фурмы относительно неподвижных конструкций конвертера. Блок 4 ввода начальных условий соединен с вторым сумматором 5, к которому, кроме того, подключен измеритель 6 времени запаздывания изменения температуры воды, охлаждающей фурму, при резком изменении температурного режима в рабочем пространстве конвертера, к входу которого подключен измеритель 7 температуры воды. Измеритель 8 давления кислорода перед фурмой через первый блок 9 умножения подключен к блоку 10 извлечения корня. Измеритель 11 реакции опор фурмы в процессе продувки через третий сумматор 12 подключен к выходу второго блока 13 умножения. Первый вход блока 13 умножения соединен с выходом блока 10 извлечения корня, а второй — с измерителем 14 расхода кислорода. Выход второго сумматора 5 соединен с входом третьего сумматора 12. Первый вход блока 15 деления соединен с выходом первого сумматора 2. Второй вход блока 15 деления соединен с выходом третьего сумматора 12. Выход блока 15 деления подключен к блоку 16 умножения.

Измеритель 1 уровня ванны в спокойном состоянии представляет собой, например, датчик типа РЗД с выходным токовым датчиком. Показания датчика выставляют по результатам измерения уровня металла штырем, приваренным к торцу фурмы. В качестве измерителей положения фурмы относительно неподвижных конструкций конвертера, измерителя температуры воды, измерителя давления кислорода, измерителя расхода кислорода, блока умножения применены стандартные приборы ГСП, установленные в конвертерных цехах. Блок 4 ввода начальных условий представляет собой четыре датчика типа РЗД. Измерители реакции опор фурмы представляют собой, например, датчики усилий типа ДСТБ-С-060, установленные в месте подвеса фурмы. Остальные блоки выполнены на основе блоков БВО системы АКЭСР.

В измерителе 6 времени запаздывания изменения температуры воды, охлаждающей фурму, при резком изменении температурного режима в рабочем пространстве конвертера (фиг.2) узел 17 формирования сигнала о входе сыпучих материалов в конвертер и узел 18 формирования сигнала об изменении расхода кислорода соединены со схемой ИЛИ 19. Выход схемы ИЛИ 19 подключен к первому входу схемы И 20, которая связана с первым ключом 21. Первый ключ 21 связан с формирователем 22 импульса Дифференциатор 23, вход которого является входом блока 6, подключен к первому входу узла 24 сравнения, который через узел НЕ 25 подключен к второму входу схемы И 20. К второму входу узла 24 сравнения подключен первый задатчик 26. Выход ключа 21 подключен к схеме сброса-запуска интегратора 27, к входу которого подключен второй задатчик 28. Выход интегратора 27 является выходом блока 6. Схема останова интегратора 27 подключена к выходу второго ключа 29, который связан с узлом 24 сравнения и формирователем 30 импульса.

В качестве узлов 17 и 18 могут быть использованы контакты пускателя открытия заслонки бункера сыпучих материалов и пускателя привода заслонки, регулирующей расход кислорода. В качестве дифференциатора 23 и узла 24 сравнения могут быть использованы блоки БПД и БСГ системы АКЭСР. В качестве задатчиков 26 и 28 применены датчики типа РЗД с выходным токовым датчиком. В качестве остальных блоков применены стандартные блоки вычислительной техники.

Сила тяжести фурмы с водой компенсируется реакцией ее опор, а в процессе продувки — также архимедовой выталкивающей силой и силой реактивной тяги кислорода, вытекающего из сопел фурменного наконечника. В то же время в процессе продувки изменяется сила тяжести фурмы вследствие наложения на ее поверхности металлошлаковой эмульсии. Измерение времени запаздывания изменения температуры воды, охлаждающей фурму, при резком изменении температурного режима в рабочем пространстве конвертера позволяет определить толщину налипшего слоя и учесть его массу в расчетах.

Для учета влияния на результаты расчета силы реактивной тяги кислорода, истекающего из сопел фурменного наконечника, измеряют давление и удельный объем кислорода перед фурмой. Введение дополнительных блоков и связей между ними позволяет получить однозначное соответствие между изменением реакции опор фурмы

и уровнем ванны конвертера и тем самым повысить точность контроля уровня ванны в конвертере

В процессе продувки конвертерной ванны на форму действуют сила тяжести, реакция опор фурмы, сила реактивной тяги истекающего из фурменного наконечника кислорода, архимедова сила и сила аэродинамического воздействия потока отходящего газа

$$G - F_T - F_{pT} - F_a - F_{aэр} = 0, \quad (1)$$

где G — сила тяжести фурмы, Н;
 F_T — реакция опор фурмы, Н;
 F_{pT} — сила реактивной тяги Н;
 F_a — архимедова сила, Н;
 $F_{aэр}$ — сила аэродинамического воздействия потока отходящего газа, Н.

Сила тяжести фурмы определяется согласно выражению

$$G = (m_{\phi} + m_{\text{в}} + m_{\text{н}}) g, \quad (2)$$

где m_{ϕ} — масса конструкции фурмы, кг;
 $m_{\text{в}}$ — масса воды, заполняющей фурму, кг;
 $m_{\text{н}}$ — масса наслоения на наружной поверхности фурмы, кг;
 g — ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м/с}^2$.

Здесь

$$m_{\text{н}} = a_1 (\Delta \tau - \Delta \tau_0) \quad (3)$$

где a_1 — коэффициент пропорциональности, численно равный $1,2 \cdot 10^3 \text{ кг/с}$;

$\Delta \tau_0$ — время запаздывания изменения температуры воды, охлаждающей фурму, при резком изменении температурного режима в рабочем пространстве конвертера, на первой плавке кампании фурмы, с;

$\Delta \tau$ — время запаздывания изменения температуры воды, охлаждающей фурму, при резком изменении температурного режима в рабочем пространстве конвертера, с

Сила реактивной тяги вследствие истечения кислорода из фурменного наконечника выражается формулой

$$F_{pT} = mw + (P_{\text{вых}} - P_{\text{ср}}) S_{\text{вых}} n, \quad (4)$$

где $m = \frac{1}{60} v \rho$ — массовый расход кислорода, кг/с;

v — объемный расход кислорода при нормальных условиях, $\text{м}^3/\text{мин}$;

ρ — плотность кислорода при нормальных условиях, равная $1,43 \text{ кг/м}^3$

w — скорость истечения кислорода из сопла, м/с ,

$P_{\text{вых}}$ — давление кислорода в выходном сечении сопла, Па;

$P_{\text{ср}}$ — давление среды, куда истекает кислород, Па,

S — выходное сечение сопла, м^2 ;

n — число сопел в фурменном наконечнике

Для сопла Лаваля значение $P_{\text{вых}} - P_{\text{ср}} \approx 0$, поэтому вторым слагаемым можно пренебречь.

Считая, что потери на трение о стенки и завихрение при истечении кислорода из сопел Лаваля можно компенсировать эффектом неполного его расширения, для расчета величины W используем формулу для обычных сопел с учетом критических параметров рабочего тела

$$W = \sqrt{\frac{2k}{k+1} \gamma_1 P_1} = \sqrt{\frac{2k}{k+1} R T_1} \quad (5)$$

где γ_1 — удельный объем кислорода при входе в сопло, $\text{м}^3/\text{кг}$;

P_1 — давление кислорода при входе в сопло, Па;

k — показатель адиабаты, равный для двухатомного газа 1,4,

R — удельная газовая постоянная для кислорода, равная $260 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$,

T_1 — температура кислорода перед соплом, К.

Так как измерение удельного объема и давления кислорода при входе в сопло затруднено, измеряем эти параметры перед фурмой, выражая

$$W = \sqrt{a_2 \gamma p} \quad (6)$$

где γ — удельный объем кислорода перед фурмой, $\text{м}^3/\text{кг}$;

p — давление кислорода перед фурмой, Па;

a_2 — коэффициент.

Коэффициент a_2 определяют тарировкой фурмы при продувке в свободное пространство, принимая температуру кислородного дутья равной температуре воды, охлаждающей фурму, с учетом соотношений (5) и (6)

$$a_2 = \frac{2 k R T_{1\text{св}}}{(k+1) \gamma_{\text{св}} P_{\text{св}}} \quad (7)$$

где $T_{1\text{св}}$ — температура кислорода перед соплом, равная температуре воды, охлаждающей фурму, К;

$\gamma_{св}$ – удельный объем кислорода перед фурмой, измеренный при продувке в свободное пространство, м³/кг;

$P_{св}$ – давление кислорода перед фурмой, измеренное при продувке в свободное пространство, Па.

Архимедову силу определяем по формуле

$$F_a = \rho_3 g \frac{\pi d^2}{4} H_n, \quad (8)$$

где ρ_3 – плотность металлошлакогазовой эмульсии, кг/м³;

d – наружный диаметр фурмы, м;

H_n – глубина погружения фурмы в эмульсию, м.

Учитывая, что

$$\rho_3 = a_3 / h_b, \quad (9)$$

$$H_n = h_b - h_c - H_\phi, \quad (10)$$

где a_3 – коэффициент пропорциональности, определяемый по геометрическим данным рабочего пространства конвертера в середине кампании по футеровке, кг/м²;

h_b – уровень ванны в конвертере, отсчитываемый от внутренней поверхности днища, м;

h_c – уровень ванны в спокойном состоянии, м;

H_ϕ – положение фурменного наконечника относительно уровня спокойного металла, м, получим

$$F_a = a_3 g \frac{\pi d^2}{4} \left(1 - \frac{h_c + H_\phi}{h_b}\right) \quad (11)$$

Значение коэффициента a_3 определяется по геометрическим параметрам рабочего пространства конвертера в середине кампании футеровки. Исходя из закона сохранения массы при изменении уровня ванны имеем

$$h_b = \frac{h_c + H_\phi}{1 - \frac{(m_\phi + m_b + a_1 \Delta \tau - a_1 \Delta \tau_0) g - F_T - \frac{1}{60} v g \sqrt{a_2 \gamma p}}{a_3 g \frac{\pi d^2}{4}}} \quad (16)$$

Устройство работает следующим образом.

Информация об уровне ванны в спокойном состоянии (измерение проводят перед началом продувки после заливки чугуна) из

$$\rho_3 = \frac{\rho_1 h_1}{h_b}, \quad (12)$$

где ρ_1 – плотность газошлакометаллической эмульсии перед продувкой, кг/м³;

h_1 – уровень газошлакометаллической эмульсии перед продувкой, м.

Сила аэродинамического воздействия потока отходящего газа на фурму определяется по формуле

$$F_{aэр} = F_{дав} + F_{тр}, \quad (13)$$

$$F_{дав} = a_4 S_{мид} \rho_t \frac{W_t^2}{2}, \quad (14)$$

где $F_{дав}$ – сопротивление давлению, Н;

a_4 – коэффициент сопротивления давлению;

$S_{мид} = \frac{\pi d^2}{4}$ – площадь миделевого сечения (проекция тела на плоскость, нормальную к направлению движения газа), м²;

ρ_t – плотность потока отходящего газа, кг/м³;

W_t – скорость движения отходящего газа, м/с;

$$F_{тр} = a_5 \pi d H_{омыв} \rho_t \frac{W_t^2}{2} \quad (15)$$

$F_{тр}$ – сопротивление трению, Н;

a_5 – коэффициент сопротивления трению;

$H_{омыв}$ – участок образующей фурмы, омываемый газом, м.

В рассматриваемом случае дозвуковой области числа Маха (M), представляющие собой отношение скорости газа и скорости звука в данной среде, $M \ll 1$. Общее сопротивление набегающему потоку близко к нулю, поэтому $F_{aэр}$ можно пренебречь.

Решая совместно уравнения (1) – (6) и (11) получим

измерителя 1 поступает в первый сумматор 2, куда одновременно поступает информация с измерителя 3 положения фурмы относительно неподвижных конструкций конвертера. Выходное напряжение первого

сумматора 2, пропорциональное величине азг $\frac{\pi d^2}{4} (h_c + H_\phi)$, поступает в блок 15 деле-

ния. Величину азг $\frac{\pi d^2}{4}$ устанавливают как масштабный коэффициент сумматора. Величина, пропорциональная массе конструкции фурмы и массе воды, заполняющей фурму, поступает из блока 4 ввода начальных условий во второй сумматор 5. Во второй сумматор 5 также поступает информация с измерителя 6 времени запаздывания изменения температуры воды, охлаждающей фурму, при резком изменении температурного режима в рабочем пространстве конвертера. С блока 4 ввода начальных условий также поступает величина, пропорциональная выражению азг $\frac{\pi d^2}{4}$.

Выходное напряжение с второго сумматора 5, пропорциональное выражению азг $\frac{\pi d^2}{4} - m_\phi g - m_b g - a_{1g} \Delta \tau + a_{1g} \Delta \tau_0$ поступает в третий сумматор 12 (напряжение, пропорциональное величине азг $\Delta \tau_0$, поступает из блока 4 ввода начальных условий). Коэффициенты перед параметрами устанавливают во втором сумматоре 5 как масштабные.

Напряжение, пропорциональное давлению кислорода перед фурмой, поступает с измерителя 8 в первый блок 9 умножения, выходное напряжение которого, пропорциональное величине азг γp , поступает в блок 10 извлечения корня. Выходное напряжение

блока 10, пропорциональное величине $\sqrt{a_2 \gamma p}$,

поступает на первый вход второго блока 13 умножения, на второй вход которого поступает напряжение с измерителя 14 расхода кислорода. Таким образом, с выхода второго блока 13 умножения снимается напряжение,

пропорциональное величине $\frac{1}{60} \sqrt{\rho} \sqrt{a_2 \gamma p}$,

которое поступает в третий сумматор 12. На вход третьего сумматора 12 поступает также напряжение, пропорциональное реакции опор фурмы, с измерителя 11. Выходное напряжение третьего сумматора 12, пропорциональное величине (азг $\frac{\pi d^2}{4} - m_\phi - m_b - a_1 \Delta \tau +$

$a_1 \Delta \tau_0) g + F_r + \frac{1}{60} \sqrt{\rho} \sqrt{a_2 \gamma p}$, поступает в блок 15 деления, выходное напряжение ко-

торого, пропорциональное величине η_b , поступает в блок 16 умножения.

Измеритель 6 времени запаздывания изменения температуры воды, охлаждающей фурму, при резком изменении температурного режима в рабочем пространстве конвертера работает следующим образом

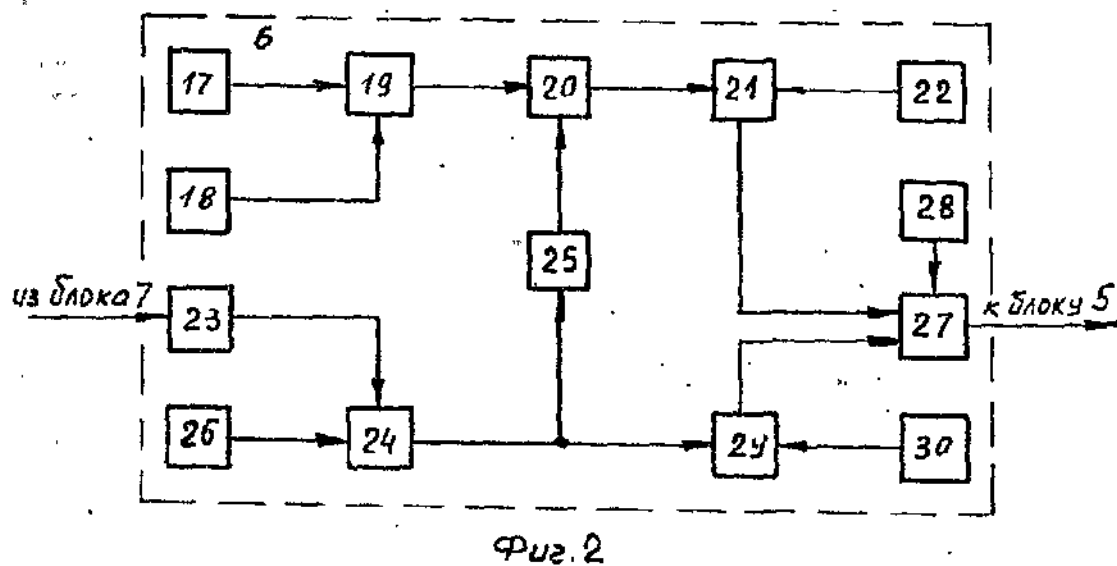
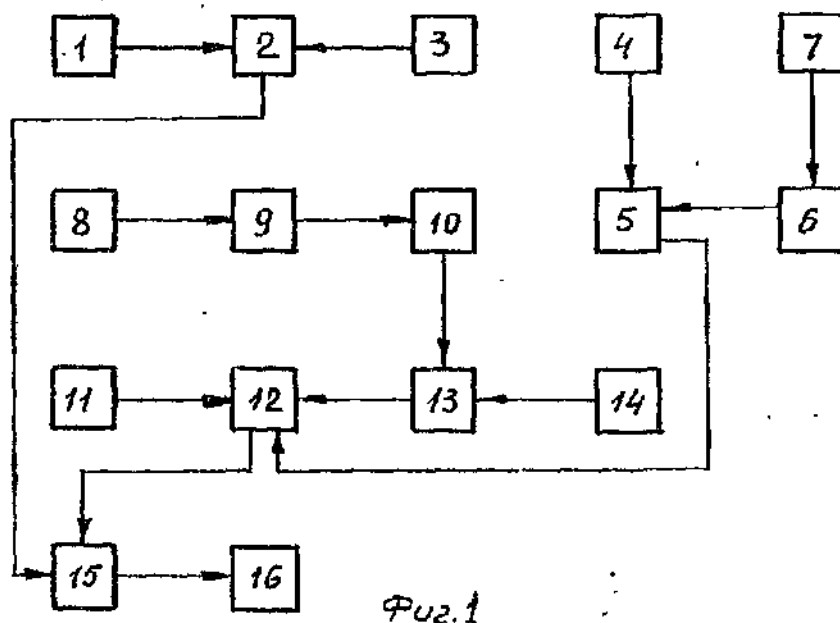
Единичный сигнал о вводе сыпучих материалов в конвертер или об изменении расхода кислорода соответственно с формирователей 17 и 18 поступает на схему ИЛИ 19. На выходе схемы ИЛИ 19 появляется единичный сигнал, поступающий на вход схемы И 20, на второй вход которой поступает единичный сигнал с узла НЕ 25. С выхода схемы И 20 поступает единичный сигнал, открывающий ключ 21. При этом с формирователя 22 поступает импульс на схему сброса-запуска интегратора 27, на вход которого поступает постоянное напряжение с задатчика 28. С измерителя 7 температуры воды выходное напряжение поступает на дифференциатор 23, выходное напряжение которого, пропорциональное скорости изменения температуры, сравнивается в узле 24 сравнения с напряжением, поступающим с задатчика 26. При превышении напряжения задатчика 26 напряжения дифференциатора 23 (т.е. при достижении температурной волны, вызванной резким изменением температурного режима в рабочем пространстве конвертера, охлаждающей воды) на выходе узла 24 сравнения появляется единичный сигнал, который включает ключ 29. При этом с формирователя 30 подается импульс в схему останова интегратора 27. На выходе интегратора 27 напряжение соответствует запаздыванию изменения температуры воды, охлаждающей фурму, при резком изменении температурного режима в рабочем пространстве конвертера. Для предотвращения сброса интегратора 27 в переходном режиме предусмотрена блокировка по цепи, узел 24 сравнения - схема НЕ 25 - схема И 20.

Испытание макета, реализующего предлагаемое устройство, показало, что использование устройства контроля уровня ванны в конвертере позволяет осуществить контроль процесса с более высокой точностью (количество плавок, находящихся в заданных пределах с первой повалки, возрастает на 5%), что снижает себестоимость стали и улучшает ее количество

Экономическая эффективность обеспечивается за счет повышения производительности конвертера на 1,1%, сокращения расхода огнеупорных материалов на 2%, что снижает себестоимость стали.

Увеличение точности контроля уровня
ванны в конвертере позволяет уменьшить

количество промежуточных повалок агрегата, что
приводит к улучшению экологических условий.



Упорядник

Техред М.Моргентал

Коректор М.Куль

Замовлення 4077

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101