

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2475686

СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ УРОВНЯ РАСПЛАВА В ВАННЕ РУДНО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ, РАБОТАЮЩЕЙ В РЕЖИМЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный университет" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2011131810

Приоритет изобретения 28 июля 2011 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 февраля 2013 г.

Срок действия патента истекает 28 июля 2031 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2475686**

(13) **C1**

(51) МПК

F27B3/08 (2006.01)

G01F23/22 (2006.01)

H05B7/148 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2011131810/02, 28.07.2011**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента: **28.07.2011**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **28.07.2011**

(45) Опубликовано: **20.02.2013**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2376540 C1, 20.12.2009. SU 1211577 A1, 15.02.1986. RU 2424481 C2, 20.07.2011. RU 2080534 C1, 27.05.1997. US 3967501 A, 06.07.1976. FR 1345757 A, 13.12.1963.**

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2, ФГБОУ ВПО "Санкт-Петербургский государственный горный университет", отдел интеллектуальной собственности и трансфера технологий (отдел ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

**Белоглазов Илья Никитич (RU),
Суслов Анатолий Павлович (RU),
Педро Анатолий Александрович (RU),
Белоглазов Илья Ильич (RU)**

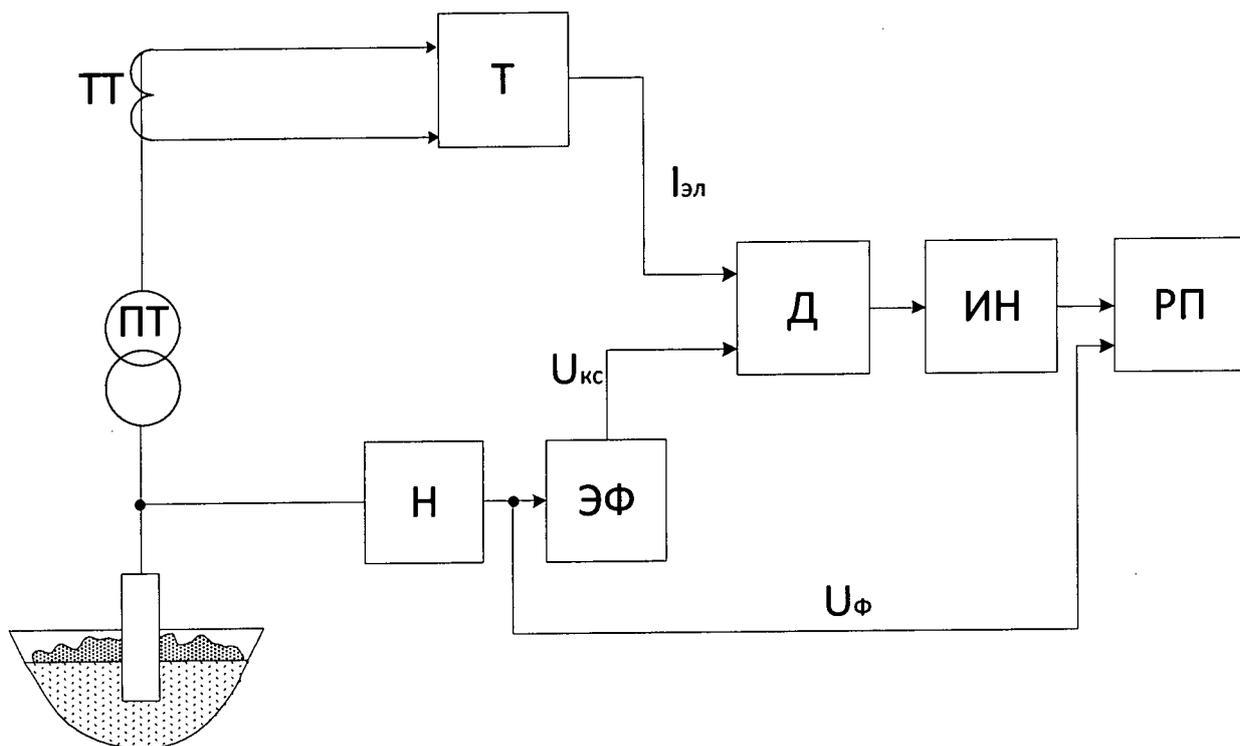
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный университет" (RU)

(54) СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ УРОВНЯ РАСПЛАВА В ВАННЕ РУДНО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ, РАБОТАЮЩЕЙ В РЕЖИМЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротермии, а именно к контролю технологических параметров при производстве плавящихся фосфатов, карбида кальция в рудно-термических печах, и может быть использовано в цветной металлургии. Технический результат - повышение оперативности и точности измерений. Согласно изобретению измеряют напряжение, ток электродов и величину постоянной составляющей фазного напряжения, а глубину ванны расплава определяют в соответствии с математическим выражением. Сущность изобретения заключается в использовании полупроводникового эффекта контакта электрода с расплавом. В результате этого эффекта в фазном напряжении появляется постоянная составляющая, регистрируемая специальным прибором. Глубина ванны и количество расплава в ней могут быть определены по величине наклона зависимости постоянной составляющей фазного напряжения от тока. 3 ил.



Фиг. 2

Изобретение относится к области электротермии, а именно к контролю технологических параметров при производстве плавных фосфатов, карбида кальция в рудно-термических печах, и может быть использовано в цветной металлургии.

Известен способ определения уровня расплава в печи вручную прямым зондированием ванны металлической штангой. Через специальное отверстие в своде печи опускают стальной ломик и выдерживают в течение 30-40 секунд. По извлечению ломака из печи на нем остается корка из застывшего расплава, по этой корке и судят о глубине ванны (см. Серебрянный Я.Л. Электроплавка медно-никелевых руд и концентратов. М., Металлургия 1974 с.133). Недостатками этого способа является то, что он весьма сложен из-за труднодоступности реакционного пространства, высоких температур и агрессивной среды в ванне печи, небезопасен, является периодическим и недостаточно точен.

Известен способ измерения уровня электрохимическим методом. Принцип действия основан на контактом методе измерения уровня с помощью специального измерительного электрода (см. там же, с.134). Стальной электрод с помощью специальной каретки перемещается от электромотора по специальной стойке до соприкосновения с расплавом. При касании расплава замыкается электрическая цепь, что отмечается специальным прибором, и отсчет глубины производится по нанесенным на стойке делениям. Этот способ безопасен, менее трудоемок, но периодичен и менее надежен: измерительный электрод «обгорает», часто покрывается неэлектропроводной пленкой или устройство срабатывает при замыкании на электропроводную шихту, не доходя до расплава.

Известен способ определения уровня расплава по количеству израсходованной электроэнергии (см. Электротермические процессы химической технологии: учебное пособие для вузов под редакцией В.А. Ершова, Л: Химия, 1984. 464 с, стр.341). Об уровне расплава или его количестве в печи судят по количеству израсходованной электроэнергии и некоторому среднему значению ее удельного расхода. Последняя величина зависит от многих случайных факторов: потребляемой мощности, состава шихты, особенностей ведения процесса плавки. Поэтому главным недостатком этого способа является его невысокая точность.

Известен способ непрерывного контроля уровня расплава в ванне руднотермической печи, работающей в режиме сопротивления № 2376540, который может служить прототипом предлагаемого изобретения. В соответствии с этим способом измеряют величину постоянной составляющей фазного напряжения и уровень расплава при заданном значении тока определяют по формуле

$$H = K \cdot U_{\text{пс}}$$

где H - уровень расплава, мм;

$U_{\text{пс}}$ - значение постоянной составляющей фазного напряжения, мВ;

K - коэффициент пропорциональности, неизменный при определенном заданном токе и фазном напряжении, и при изменении последних определяется с помощью последней таблицы.

Недостатком этого способа является необходимость постоянной корректировки коэффициента K , поскольку даже на печах, работающих в режиме сопротивления, колебания тока электрода все же имеют место, хотя и в меньшей степени, чем на печах, работающих с сильно развитым дуговым режимом. Такая корректировка затрудняет оперативность и точность измерения.

В предлагаемом способе непрерывного контроля уровня расплава в ванне печи, работающей при незначительном (не более 5% от всей потребляемой мощности) развитии электродугового режима, технический результат достигается тем, что постоянно измеряют изменение величины постоянной составляющей фазного напряжения при изменении тока электрода, а глубину ванны определяют в соответствии с формулой:

$$H = KU_{\phi} \frac{dU_{\text{пс}}}{dI},$$

где H - глубина ванны, см;
 U_{ϕ} - фазное напряжение, В;

$$\frac{dU_{\text{пс}}}{dI}$$

- отношение величины изменения постоянной составляющей фазного напряжения $dU_{\text{пс}}$ к изменению величины тока dI , В/А;

$$K = \frac{d^2}{2E\rho_p} \quad \frac{\text{см}}{\text{В} \cdot \text{Ом}}, \text{ где в свою очередь:}$$

d - диаметр ванны, см;

ρ_p - удельное электрическое сопротивление расплава, Ом·см;

E - электродный потенциал, зависящий от вида химической реакции электрода с расплавом, В.

Сущность изобретения заключается в использовании полупроводникового эффекта контакта электрода с расплавом. Этот эффект состоит в том, что при работе РТП на переменном токе в один полупериод, когда на электроде «+», углерод части электрода, находящейся в расплаве, реагирует с ионами расплава более интенсивно, чем в соседних полупериодах. Так, например, в печи для получения плавящихся фосфатов (термофосфатов) в полупериод, когда на электроде «+», на его поверхности имеет место химическое взаимодействие углерода с ионами $(\text{SiO}_2)^{2-}$, $(\text{PO}_4)^{3-}$, $(\text{PO}_3)^{2-}$ и другими.

В результате в этот полупериод падение напряжения в ванне U_{B1} будет меньше на некоторую величину E по сравнению с падением напряжения в отсутствие этого взаимодействия U_B

$$U_{B1} = U_B - E.$$

И, наоборот, когда на электроде будет «-», падение напряжения будет на ту же величину больше, чем когда этого взаимодействия нет:

$$U_{B2} = U_B + E.$$

В результате в фазном напряжении появляется постоянная составляющая $U_{\text{пс}}$

$$U_{\text{пс}} = (U_B + E) - (U_B - E) = 2E \quad (1)$$

Величина E определяется изменением изобарно-изотермического потенциала ΔZ той реакции, в которой участвует углерод электрода, т.е. зависит от вида технологического процесса:

$$E = - \frac{\Delta Z}{nF},$$

где F - число Фарадея;

n - заряд ионов-переносчиков тока.

В свою очередь:

$$\Delta Z = R \cdot T \cdot \ln K_p,$$

где R - газовая постоянная;

T - температура на поверхности электрода в районе контакта с расплавом;

K_p - константа равновесия.

При неизменных температуре расплава и его составе величина E остается также величиной постоянной, т.е. в электрической цепи будет существовать источник напряжения, т.е. источник электромагнитной энергии, величина которого не зависит от сопротивления нагрузки.

Когда переход тока электрода к расплаву осуществляется прямым контактом, то, как следует из уравнения (1), величина $U_{\text{пс}}$ всегда равна $2E$ и не зависит от фазного напряжения. Однако в реальной рудно-термической печи электрический контакт электрода с материалами, заполняющими ванну, даже при слаборазвитом дуговом режиме ввиду плохого смачивания электрода расплавом осуществляется не только прямым контактом электрода с расплавом, но и через электрическую дугу и микродуги.

Таким образом, величина постоянной составляющей обусловлена не полным током электрода, а только той его частью $I_{ш}$ (ток шунта), которая проходит непосредственно через контакт электрода с материалами ванны, то есть через сопротивление, шунтирующее дуговые разряды.

В результате значение постоянной составляющей, регистрируемое специальным прибором, будет определяться выражением

$$U_{пс} = 2E \frac{I_{ш}}{I}, \quad (2)$$

где I и $I_{ш}$ - соответственно ток электрода и ток шунта, т.е. ток, идущий через прямой контакт электрода с расплавом.

Отношение $I_{ш}/I$ определяется отношением удельного электросопротивления расплава ρ_p и среднего удельного сопротивления материалов печной ванны ρ_B , т.е.:

$$\frac{I_{ш}}{I} = \frac{\rho_p}{\rho_B} \quad (3)$$

Когда $\rho_p = \rho_B$, печь работает в режиме сопротивления в отсутствие дуговых и микродуговых разрядов $I_{ш}=I$. В отсутствие или слабо развитом дуговом режиме индуктивное сопротивление печного контура меняется незначительно (содержание высших гармонических составляющих в токе невелико), поэтому можно допустить, что

$$R_B \approx R_K = \frac{U_{\Phi}}{I},$$

где R_B и R_K - электросопротивления ванны и печного контура.
Тогда

$$\rho_B = R_K \frac{d^2}{H} = \frac{U_{\Phi}}{I} \cdot \frac{d^2}{H},$$

где H - глубина ванны, см;

d - диаметр ванны, см;

U_{Φ} - фазное напряжение, В;

I - ток электрода, А.

Подставив выражение ρ_B в уравнение (3), получим:

$$\frac{I_{ш}}{I} = \rho_p \frac{I}{U_{\Phi}} \cdot \frac{d^2}{H}$$

И тогда уравнение (2) примет вид:

$$U_{пс} = 2E \cdot \rho_p \cdot \frac{I}{U_{\Phi}} \cdot \frac{H}{d^2}$$

Отсюда

$$H = \frac{d^2}{2E \cdot \rho_p} U_{\Phi} \frac{U_{пс}}{I} \quad (4)$$

Обозначив через K постоянное для данного технологического процесса и конструкции печи значение

$$\frac{d^2}{2E \cdot \rho_p}, \text{ получим}$$

$$K = \frac{d^2}{2E \cdot \rho_p}, \frac{\text{см}}{\text{В} \cdot \text{Ом}}. \quad (5)$$

В конечном итоге для определения глубины ванны расплава имеем формулу:

$$H = KU_{\phi} \frac{U_{\text{пс}}}{I} \quad (6)$$

При увеличении количества расплава в печи, то есть при увеличении глубины ванны H , растет электросопротивление и, как следствие, при неизменном токе электрода увеличивается его заглубление. Тем самым уменьшается плотность тока в контакте электрода с расплавом и степень развития микродуг. В конечном итоге с увеличением глубины ванны при неизменном токе электрода растет отношение $I_{\text{ш}}/I$, то есть растет и величина $U_{\text{пс}}$. Это же происходит при уменьшении фазного напряжения.

Это видно на фиг.1, где представлены зависимости величины $U_{\text{пс}}$ от тока электрода при разной глубине ванны H и разных фазных напряжениях, полученных на печи РКЗ-2,5 для производства плавяных фосфатов.

Рассчитанный в соответствии с уравнением (5) коэффициент K может быть уточнен либо с помощью метода, описанного в работе «Электроплавка окисленных никелевых руд» Грань Н.И., Оницин Б.П., Майзель Е.И., 1971 г. на стр.193, либо прямым зондированием с помощью металлической штанги. Именно с помощью последнего метода был определен коэффициент K в уравнении (6) для контроля уровня расплава в печи HRP-2,5 для получения плавяных фосфатов.

После многочисленных определений в соответствии с формулой (6) было определено, что $K=1800$.

При проведении процесса плавки периодически до момента выпуска расплава осуществлялось определение уровня расплава как расчетным путем с использованием полученного значения коэффициента $K=1800$, так и прямым замером.

Полученные данные приведены в фиг.3. Как следует из таблицы, расчетные данные достаточно близки к ним, так как погрешность составляет не более 3%, что можно считать хорошим результатом, тем более что они могут быть в дальнейшем откорректированы.

Преимуществом этого способа определения глубины ванны состоит как в возможности непрерывного и точного контроля, так и в безопасности его осуществления. Кроме того, на измеряемую величину не оказывает влияние индуктивное сопротивление печной установки, которое для постоянного тока отсутствует. Именно наличие индуктивного сопротивления в цепи переменного тока не позволяет определить активное сопротивление цепи, так как:

$$Z = \frac{U}{I},$$

где Z - полное сопротивление печной установки, включающее и активное, и реактивное сопротивление.

На фиг.2 показана блок-схема устройства, с помощью которого может быть осуществлен предлагаемый способ.

Сигнал, пропорциональный току электрода на высокой стороне печного трансформатора ПТ, от трансформатора тока ТТ поступает в измеритель тока T и затем в дифференциальный блок D . Одновременно сигнал, пропорциональный фазному напряжению, через измеритель напряжения H подается на электрофильтр ЭФ и параллельно в интегрирующий блок I . Сигнал, пропорциональный величине изменения постоянной составляющей, подается в дифференциальный блок D . На выходе блока

$$\frac{dU_{\text{пс}}}{dI}$$

D имеем сигнал, пропорциональный отношению $\frac{dU_{\text{пс}}}{dI}$, который одновременно с сигналом, пропорциональным значению фазового напряжения U_{ϕ} , поступает интегрирующий блок I . Выход последнего соединен с регистрирующим прибором РП.

Формула изобретения

Способ непрерывного контроля уровня расплава в ванне руднотермической печи, работающей в режиме сопротивления, включающий измерение напряжения и тока электродов, отличающийся тем, что измеряют величину постоянной составляющей фазного напряжения, а глубину ванны расплава определяют в соответствии с формулой:

$$H = KU_{\phi} \frac{dU_{\text{пс}}}{dI},$$

где

H - глубина ванны, см;

$$K = \frac{d^2}{2E\rho_p}$$

U_ϕ - коэффициент пропорциональности;
 U_ϕ - фазное напряжение, В;

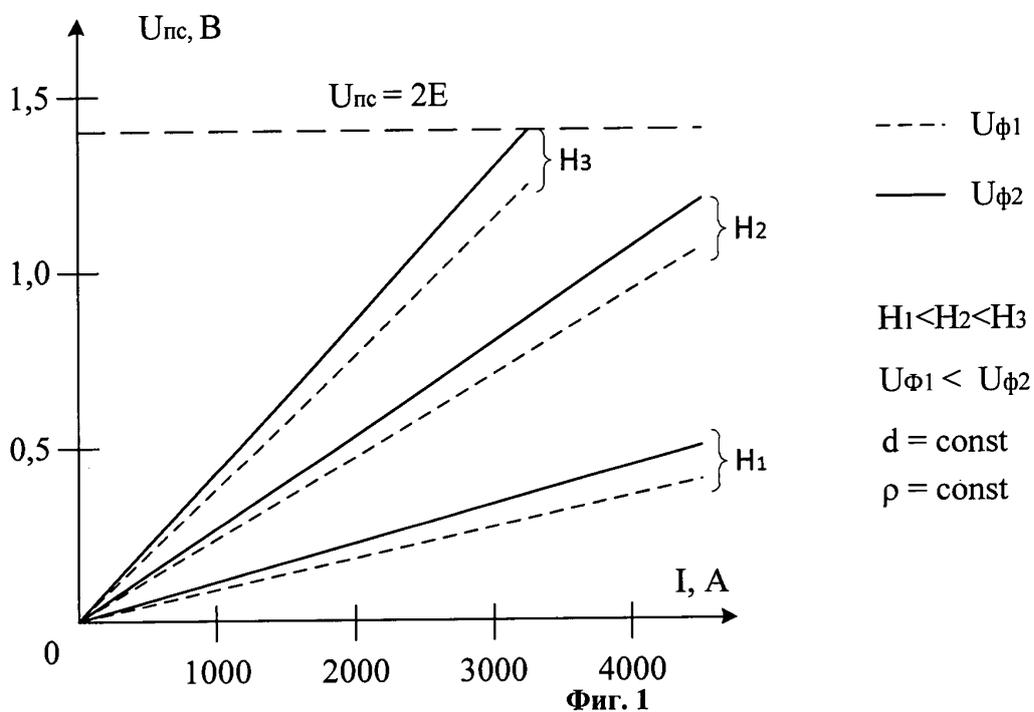
$$\frac{dU_{пс}}{dI}$$

- отношение величины изменения постоянной составляющей фазного напряжения $dU_{пс}$ к изменению величины тока dI , В/А;

d - диаметр ванны, см;

ρ_p - удельное электрическое сопротивление расплава, Ом·см;

E - электродный потенциал химической реакции электрода с расплавом, В.



	Глубина ванны H (см), $U_\phi = 155,5$ (В)			
Результаты, полученные при прямом замере на промышленной печи	40	55	70	98
Результаты, полученные расчетным путем	42	56	69	100

Фиг. 3