

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 896 067 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG(43) Veröffentlichungstag:
10.02.1999 Patentblatt 1999/06(51) Int. Cl.⁶: **C21C 5/52, F27D 21/00**(21) Anmeldenummer: **98114023.9**(22) Anmeldetag: **27.07.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI(30) Priorität: **31.07.1997 DE 19733130**

(71) Anmelder:

**Badische Stahl Engineering GmbH
77694 Kehl (DE)**

(72) Erfinder:

- **Klein, Karl-Heinz Dr.-Ing.
77731 Willstätt (DE)**
- **Paul, Günter Dipl.-Ing.
77731 Willstätt (DE)**
- **Danilov, Vladimir Dipl.-Ing.
77694 Kehl (DE)**

(74) Vertreter:

**Beetz & Partner
Patentanwälte
Steinsdorfstrasse 10
80538 München (DE)**(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Erfassung des Schlackezustandes und der Lichtbogenstabilität in Lichtbogenöfen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung des Schlackezustandes in Lichtbogenöfen, in denen ein Metallbad mit einer Schlackeschicht bedeckt ist, die den Lichtbogen zumindest teilweise einhüllt. Das Erfindungskonzept beruht auf der Erzeugung eines aus der Stromstärke $i(t)$ des über die Elektrode fließenden Stroms abgeleiteten Signals und der Ermittlung des Schlackezustandes aus diesem Signal; es ist gekennzeichnet durch

- Bildung der n -ten Ableitung $d^n i / dt^n$ der Stromstärke $i(t)$ bzw. eines ihr proportionalen Signals zu vorgegebenen Zeitpunkten oder kontinuierlich,
- Bildung des Effektivwertes $[d^n i / dt^n]_{\text{eff}}$ der n -ten Ableitung $d^n i / dt^n$ der Stromstärke $i(t)$ bzw. des ihr proportionalen Signals in Form des quadratischen Mittelwerts nach der Formel I

$$[d^n i / dt^n]_{\text{eff}} = \sqrt{1/T \int_0^T (d^n i / dt^n)^2 dt} \quad (I),$$

worin bedeuten:

- i die Stromstärke des über die Elektrode fließenden Stroms,
 n 2, 3 oder 4 und
 T die Integrationsdauer,

und

- Ermittlung, ob der Effektivwert $[d^n i / dt^n]_{\text{eff}}$ innerhalb vorgegebener Grenzwerte (Schlackefenster) liegt, innerhalb deren der Schlackezustand und die Schlackemenge bzw. der Einhüllungsgrad der Elektrode optimal sind. Dieses Konzept erlaubt eine Signalisierung, Steuerung oder Regelung des Schlackezustandes und der Lichtbogenstabilität mit hoher Ansprechgeschwindigkeit und Genauigkeit.

EP 0 896 067 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung des Zustandes der Schlacke und der Stabilität des Lichtbogens in Lichtbogenöfen, in denen eine Flüssigmetallaufbereitung durchgeführt wird, insbesondere zur Stahlerzeugung aus Schrott, festem Roheisen oder Eisenschwamm.

[0002] In Lichtbogenöfen sind Elektroden auf Graphitbasis korrespondierend zu einem metallischen Ofeneinsatz angeordnet; Aufbau, Funktion und Betrieb solcher Lichtbogenöfen sind dem Fachmann geläufig.

[0003] Die Regelung und Optimierung von Lichtbogenöfen stellt, obgleich im Stand der Technik bereits zahlreiche Lösungsvorschläge angegeben wurden, noch immer ein großes Problem dar, insbesondere in wirtschaftlicher Hinsicht wegen nicht optimaler Energieausnutzung und in ökologischer Hinsicht, da bei nicht optimaler Prozeßführung des Schmelzvorgangs bei lokaler Überhitzung fluorhaltige Dämpfe aus Flußmitteln in die Umwelt gelangen können.

[0004] Der Schlacke kommt bei Lichtbogenöfen die wichtige Funktion zu, die vom Lichtbogen abgestrahlte Energie möglichst weitgehend in das Metallbad zu lenken und Abstrahlungsverluste so weit wie möglich zurückzudrängen.

[0005] Es ist Stand der Technik, der Schlacke durch Gasentwicklung eine schaumige Struktur zu verleihen ("Schaumslagge"), von der die Lichtbögen weitgehend abgeschirmt werden. Zur Bildung von Schaumslagge wird beispielsweise Sauerstoff über Lanzen in den flüssigen Stahl eingeblasen. Hierbei verbrennt im flüssigen Stahl vorliegender Kohlenstoff zu Kohlenmonoxid, durch das die Schlacke aufgeschäumt wird. Es ist auch möglich, Kohlenstoff über Lanzen in die bereits gebildete Schaumslagge einzublasen, wodurch in der Schlacke vorhandenes Eisenoxid in Eisen und Kohlenmonoxid umgewandelt wird, durch das die Schlacke weiter aufgeschäumt wird.

[0006] Unter dem Schlackezustand wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung der Schaumslaggezustand verstanden, bei dem die Schaumslagge die Lichtbögen mindestens teilweise und vorzugsweise vollständig einhüllt.

[0007] Durch die Schaumslagge werden die Feuerfestausmauerung und die Wasserkühlsysteme des Ofens vor der starken Strahlungsbelastung abgeschirmt. Hierdurch kann der Wirkungsgrad der Energieübertragung von der Elektrode auf des Metallbad verbessert werden. Für die Wirtschaftlichkeit des Lichtbogenofenbetriebs ist es daher von wesentlicher Bedeutung, die Lichtbogenabdeckung durch die Schaumslagge kontinuierlich zu beobachten und diese erforderlichenfalls durch entsprechend induzierte Gasentwicklung aufzuschäumen.

[0008] Eine einheitliche Erfassung und Interpretation aller physikalischen Lichtbogeneigenschaften ist allerdings aufgrund der erheblichen Komplexität der physikalischen und chemischen Vorgänge praktisch ausgeschlossen.

[0009] Man hat daher auf sehr verschiedene Weisen versucht, mit indirekten Meßverfahren geeignete Signale zu erhalten, mit denen sich der Schmelzzustand im Lichtbogenofen erkennen und steuern bzw. regeln läßt.

[0010] Aus der Zeitschrift "Elektrowärme International" 45 (1987), Seiten B29 - B36, ist ein Verfahren bekannt, in dem mit Hilfe spezieller Kennzahlen, wie beispielsweise Klirrfaktor und Schwingungsgehalt, die aus Lichtbogenstrom und Lichtbogenstrom ermittelt werden, die harmonischen Komponenten im Leistungsdichtespektrum elektrischer Lichtbogenströme geeignet bewertet werden, so daß bei Abweichung der Kennzahlen von bestimmten vorgegebenen Werten entsprechend Maßnahmen zur Schaumslaggebildung getroffen werden können.

[0011] Aufgrund der Zusammenhänge zwischen den elektrischen und akustischen Lichtbogeneigenschaften kann auch die akustische Emission der Lichtbögen unmittelbar für eine Zustandsbeobachtung, insbesondere für den Schlackenaufbau, herangezogen werden.

[0012] Aus der Zeitschrift "Elektrowärme International" 42 (1994), B220 - B227, sind Schalldruckmessungen während des Schmelzbetriebes von Lichtbogenöfen zur Bestimmung der Abhängigkeit der Geräuschentwicklung von den elektrischen Lichtbogenströmen bekannt. Das Schallsignal besteht im wesentlichen aus einem breitbandigen Rauschen, aus dem sich charakteristisch ein 100 Hz-Ton mit einer Reihe von harmonischen Vielfachen abhebt. Mit dem Schmelzfortschritt im Ofen ändert sich der Schalldruck, wobei diese Veränderung quantitativ durch eine Rauschzahl erfaßt wird, welche zur Prozeßsteuerung herangezogen werden kann.

[0013] Aus DD 295 248 ist ein Verfahren zur Messung der Instabilität eines Lichtbogens in einem Elektroofen bekannt, bei dem eine Wechselbeziehung zwischen der Änderung der Stromstärke im Lichtbogen und der Schlackenaufblähung ausgenutzt wird. Bei diesem Verfahren wird ein Signal erzeugt, das dem Differentialquotienten (di/dt) der Stromstärke i des durch den Lichtbogen fließenden Stroms entspricht, insbesondere durch eine Rogowski-Spule. Dieses Signal wird einer Filterung durch ein Hochfrequenz-Breitbandfilter und ein schmalbandiges Tiefbandfilter unterzogen, worauf ein Teilermodul das Verhältnis der von den Filtern stammenden Signaleffektivwerte erzeugt, das als Indikator für die Schlackenaufblähung dient und bei maximaler Schlackenaufblähung einen Minimalwert annimmt. Das dieses Verhältnis kennzeichnende Signal wird entweder einer Anzeige zugeführt oder kann zur Regelung bestimmter Betriebsparameter des Lichtbogenofens herangezogen werden, beispielsweise zur Bestimmung der Beendigung des Schmelzprozesses.

[0014] Aus DE 4425089 ist ferner bekannt, zur Steuerung der Durchsatzrate an eingeblasenem Kohlenstoff im Drehstromlichtbogenofen die Schallemission des Lichtbogenofens automatisch zu erfassen, wobei eine Auswertung der Amplitude des Schalls frequenzselektiv durchgeführt wird. Bei Überschreiten eines durch eine Steuereinheit vorgebbaren Schallpegels wird die Durchsatzrate des Kohlenstoffs erhöht und bei einem Unterschreiten vermindert. Das Fre-

quenzspektrum wird im Bereich von 100 Hz ausgewertet, da dieser Bereich die Schallemission der Lichtbögen besonders signifikant wiedergibt und Störgeräusche relativ gleich verteilt über das Frequenzspektrum vorliegen. Gemäß Fig. 1 dieser Druckschrift wertet eine Steuereinheit das Signal eines Mikrophons aus, das im Bereich des Elektrolichtbogenofens angeordnet ist.

[0015] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur quantitativen Erfassung, Steuerung bzw. Regelung und Optimierung des Schlackezustandes und der Stabilität des Lichtbogens in Lichtbogenöfen anzugeben, mit denen der elektrothermische Wirkungsgrad der Lichtbogenöfen verbessert und der Verbrauch an elektrischer Energie abgesenkt werden kann.

[0016] Die Aufgabe wird gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst.

[0017] Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindungskonzeption.

[0018] Die Erfindung beruht auf der Feststellung, daß der Effektivwert $[d^n i / dt^n]_{\text{eff}}$ der n-ten Ableitung $d^n i / dt^n$ der Stromstärke $i(t)$ bzw. eines ihr proportionalen Signals in enger Korrelation mit dem Schlackezustand in einem Lichtbogenofen steht. Da der Schlackezustand einen Prozeßparameter darstellt, der im Hinblick auf optimale Energieausnutzung und optimale Temperaturführung wesentlich ist, eröffnet die vorliegende Erfindung die Möglichkeit der direkten Steuerung oder auch Regelung des Schlackezustandes. Liegt der Effektivwert $[d^n i / dt^n]_{\text{eff}}$ nicht mehr im Bereich zwischen vorgegebenen Grenzwerten, der im folgenden als Schlackefenster bezeichnet wird und innerhalb dessen der Schlackezustand und die Schlackemenge bzw. der Einhüllungsgrad der Elektrode optimal sind, kann der Schlackezustand sofort nachoptimiert werden, indem Kohlenstoff bzw. Kohle in die Schlacke oder Sauerstoff in das Metallbad eingeblasen wird und/oder schlackenbildende Stoffe in den Lichtbogenofen eingebracht werden und/oder entsprechende Zugaben gedrosselt oder gestoppt werden.

[0019] Nach einer vorteilhaften Weiterbildung wird bei Erfassung eines Effektivwertes außerhalb des Schlackefensters, unabhängig von anderen Maßnahmen, die Elektrodenposition durch geeignete Nachführung geändert.

[0020] Der Effektivwert von Ableitungen der Stromstärke $i(t)$ bzw. eines ihr proportionalen Signals stellt einen sensiblen Indikator für die Tendenz zur Änderung des Signals dar und erlaubt so eine Steuerung wie auch Regelung des Schlackezustandes und auch der Stabilität des Lichtbogens mit außerordentlich hoher Zugriffsgeschwindigkeit und entsprechend hoher Genauigkeit.

[0021] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erfassung des Schlackezustandes in Lichtbogenöfen, in denen ein flüssiges Metallbad, insbesondere ein Stahlbad, mit einer Schlackeschicht bedeckt ist, die den zwischen Metallbad und Elektrode brennenden Lichtbogen zumindest teilweise einhüllt, beruht auf der Erzeugung eines aus der Stromstärke $i(t)$ des über die Elektrode fließenden Stroms abgeleiteten Signals, das mit der Schallemission des Plasmas des Lichtbogens korreliert ist, und der Ermittlung des Schlackezustandes aus diesem Signal; es ist gekennzeichnet durch

- Bildung der n-ten Ableitung $d^n i / dt^n$ der von der Zeit t abhängigen Stromstärke $i(t)$ bzw. eines ihr proportionalen Signals zu vorgegebenen Zeitpunkten oder kontinuierlich,
- Bildung des Effektivwertes $[d^n i / dt^n]_{\text{eff}}$ der n-ten Ableitung $d^n i / dt^n$ der Stromstärke $i(t)$ bzw. des ihr proportionalen Signals in Form des quadratischen Mittelwerts nach der Formel I

$$[d^n i / dt^n]_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (d^n i / dt^n)^2 dt} \quad (I),$$

worin bedeuten:

- i die Stromstärke des über die Elektrode fließenden Stroms,
- n 2, 3 oder 4 und
- T die Integrationsdauer,

und

- Ermittlung, ob der Effektivwert $[d^n i / dt^n]_{\text{eff}}$ innerhalb vorgegebener Grenzwerte (Schlackefenster) liegt, innerhalb deren der Schlackezustand und die Schlackemenge bzw. der Einhüllungsgrad der Elektrode optimal sind.

[0022] Das Erfindungskonzept eignet sich gleich gut für Gleichstrom- und Drehstromlichtbogenöfen.

[0023] Es kann die zweite, dritte oder vierte Ableitung der Stromstärke $i(t)$ gebildet werden. Vorzugsweise wird zur Bildung des Effektivwertes die zweite Ableitung ($n = 2$) der Stromstärke $i(t)$ herangezogen.

[0024] Es ist auch möglich, die Bildung der n-ten Ableitung $d^n i / dt^n$ aus Inkrementen nullter bis n-ter Ordnung entsprechend der Formel II

$$d^n i / dt^n = k_0 + k_1 \cdot di/dt + k_2 \cdot d^2 i / dt^2 + k_3 \cdot d^3 i / dt^3 + k_4 \cdot d^4 i / dt^4 \quad (II)$$

vorzunehmen, in der k_0 , k_1 , k_2 , k_3 und k_4 vorgegebene und insbesondere durch Eichung oder empirisch bestimmte Konstante darstellen, wobei die Bedingungen k_0 , $k_1 \geq 0$ sowie k_2 und/oder k_3 und/oder $k_4 > 0$ gelten. Die Polynomentwicklung, die der Beziehung zugrundeliegt, ist außerordentlich genau an die jeweils herrschenden Verhältnisse anpaßbar und erlaubt so, besonders nach einer vorherigen Eichung nach einem unabhängigen Verfahren, eine quantitative Bestimmung der differentiellen Stromstärke.

[0025] Das der n-ten Ableitung der Stromstärke $i(t)$ entsprechende Signal wird vor der Bildung des Effektivwertes zur Abtrennung unerwünschter Frequenzen vorzugsweise gefiltert. Bei Drehstromöfen werden insbesondere die Netzfrequenz oder unerwünschte Hochfrequenzen abgetrennt; vorteilhaft werden Frequenzen außerhalb des Frequenzbereichs von 800 Hz bis 100 kHz abgetrennt. Besonders im Falle von Gleichstromöfen ist es günstig, Frequenzen außerhalb des Frequenzbereichs von 20 Hz bis 1 kHz auszufiltern.

[0026] Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch in der Einschmelzphase angewandt werden, in der der Lichtbogen zumindest teilweise von der Schlacke eingehüllt wird. Damit ist es möglich, die Schmelzzeiten zu verringern, wodurch sich eine entsprechende Verringerung des Energiebedarfs ergibt, da bei maximierten Schmelzgeschwindigkeit die kürzesten Schmelzzeiten und damit die geringsten Energieverluste vorliegen, wobei zugleich überhöhte Temperaturen und damit verbundene Abstrahlungsverluste vermieden werden.

[0027] Besonders vorteilhaft kann das erfindungsgemäße Verfahren nach dem Aufschmelzen der gesamten Charge herangezogen werden. In dieser Betriebsphase ist es notwendig, die feuerfeste Ausmauerung und die wassergekühlten Wand- und Deckelemente des Oberofens gegen die unmittelbare Lichtbogenstrahlung zu schützen. Aus diesem Grund soll der Lichtbogen ganz von der Schlacke eingeschlossen werden. Beim erfindungsgemäßen Verfahren kann der angestrebte Schlackezustand über den Effektivwert $[d^n i / dt^n]_{\text{eff}}$ der Ableitungen der Stromstärke feinfühlig erfaßt und durch entsprechendes Einblasen von Kohlenstoff oder Sauerstoff bzw. Zusatz von Schlackenbildnern aufrechterhalten werden.

[0028] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erfassung des Schlackezustandes in Lichtbogenöfen, in denen ein flüssiges Metallbad, insbesondere ein Stahlbad, hergestellt wird, das mit einer Schlackeschicht bedeckt ist, die den zwischen Metallbad und Elektrode brennenden Lichtbogen zumindest teilweise einhüllt, die insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist, weist auf:

- eine Stromerfassungseinrichtung, welche die Stromstärke $i(t)$ des über die Elektrode fließenden Stroms erfaßt,
- eine Differenziereinrichtung, die eine Ableitung der Stromstärke $i(t)$ erzeugt, und
- eine Kontrolleinrichtung, die aus der Ableitung der Stromstärke $i(t)$ ein dem Schlackezustand entsprechendes Signal erzeugt;

sie ist dadurch gekennzeichnet, daß die Differenziereinrichtung die n-te Ableitung $d^n i / dt^n$ der von der Zeit t abhängigen Stromstärke $i(t)$, bzw. ein der n-ten Ableitung entsprechendes Signal zu vorgegebenen Zeitpunkten oder kontinuierlich erzeugt, wobei n gleich 2, 3 oder 4 ist,

eine der Differenziereinrichtung nachgeschaltete Effektivwerteinrichtung vorgesehen ist, die den Effektivwert $[d^n i / dt^n]_{\text{eff}}$ der n-ten Ableitung $d^n i / dt^n$ der Stromstärke $i(t)$ bzw. des ihr proportionalen Signals in Form des quadratischen Mittelwerts nach der Formel I bildet,

$$[d^n i / dt^n]_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (d^n i / dt^n)^2 dt} \quad (I),$$

worin bedeuten:

- i die Stromstärke des über die Elektrode fließenden Stroms,
- t die Zeit,
- n 2, 3 oder 4 und
- T die Integrationsdauer, und

die Kontrolleinrichtung der Effektivwerteinrichtung nachgeschaltet ist und den Effektivwert $[d^n i / dt^n]_{\text{eff}}$ mit vorgegebenen Grenzwerten vergleicht, innerhalb deren der Schlackezustand und die Schlackemenge bzw. der Einhüllungsgrad der

Elektrode optimal sind (Schlackefenster), und bei Erfassung eines außerhalb des Schlackefensters liegenden Effektivwertes $[d^n i/dt^n]_{\text{eff}}$ ein entsprechendes Signal abgibt und/oder eine oder mehrere Lanzen zum Einblasen von Kohlenstoff bzw. Kohle in die Schlacke oder von Sauerstoff in das Metallbad und/oder eine Eintrageinrichtung zum Eintragen von schlackebildenden Stoffen ansteuert und/oder die Elektrode geeignet positioniert.

- 5 **[0029]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann zur Steuerung oder zur Regelung unter Erfassung des Schlackezustandes ausgelegt sein und umfaßt, wie oben erläutert, eine Stromerfassungseinrichtung, eine Differenziereinrichtung, eine Effektivwerteinrichtung zur Bildung des Effektivwertes und eine Kontrolleinrichtung, die den Effektivwert mit den vorgegebenen Grenzwerten vergleicht und ggf. Steuersignale für Stellglieder erzeugt. Die Kontrolleinrichtung kann also auch als Regeleinrichtung mit geschlossenem Regelkreis ausgelegt sein und eine oder mehrere Lanzen zum Einblasen von Kohlenstoff bzw. Kohle in die Schlacke und/oder von Sauerstoff in das Metallbad oder auch die Elektrodenpositioniereinrichtung ansteuern und den Schlackezustand über den Effektivwert der n-ten Ableitung des Stroms so regeln, daß der Effektivwert im Schlackefenster gehalten wird.

[0030] Durch die Stromerfassungseinrichtung wird die Stromstärke $i(t)$ des Stroms erfaßt, der im Elektrodenkreis fließt.

- 15 **[0031]** Es ist vorteilhaft, den Strom beispielsweise dadurch zu erfassen, daß in einer Elektrodenzuführungsleitung an zwei voneinander beabstandeten Punkten ein Meßwiderstand parallelgeschaltet und der an diesem Meßwiderstand auftretende Spannungsabfall, der dem in der Leitung fließenden Strom entspricht, gemessen bzw. erfaßt wird.

[0032] Die Bildung der n-ten Ableitung erfolgt durch die Differenziereinrichtung. Hierfür können dem Fachmann geläufige Differenzierglieder oder Differenzierschaltungen, die auch mit entsprechenden Filtern kombiniert sein können, Verwendung finden.

20 **[0033]** Als Stromerfassungseinrichtungen sind Meßtransformatoren günstig geeignet. Je nach der Art des Meßtransformators (z.B. Stromwandlertyp oder Rogowski-Typ) resultiert ein Ausgangssignal, das dem Strom $i(t)$ oder der 1. Ableitung davon, di/dt , entspricht.

[0034] Ferner können auch Hall-Generatoren als Stromerfassungseinrichtungen herangezogen werden. In derartigen Fällen, in den als Ausgangssignal der Stromerfassungseinrichtung bereits ein Ableitungssignal resultiert, ist die Differenziereinrichtung 4 so ausgelegt, daß sie aus dem als Eingangssignal erhaltenem Ableitungssignal durch entsprechendes Nachdifferenzieren ein der gewünschten Ableitung (2., 3. oder 4. Grades) entsprechendes Ausgangssignal liefert.

25 **[0035]** Die Stromerfassungseinrichtung und die Differenziereinrichtung müssen im Rahmen der vorliegenden Erfindung nicht unbedingt getrennte, diskrete Einrichtungen darstellen. Die Stromerfassungseinrichtung und die Differenziereinrichtung können funktionell und gegebenenfalls auch strukturell oder schaltungsmäßig eine Einheit bilden bzw. miteinander integriert sein.

[0036] Die vorteilhaft als Stromerfassungseinrichtung verwendeten zwei- oder dreidimensionalen Spulen weisen mindestens zwei bzw. mindestens drei Wicklungen auf, deren Achsen in aufeinander senkrecht stehenden Raumrichtungen orientiert sind.

30 **[0037]** Hierdurch ist es möglich, das Stromsignal (in Form der 1. Ableitung) weitgehend richtungsunabhängig zu erfassen. Diese Ausführungsform ist besonders günstig für Gleichstromöfen verwendbar.

[0038] Derartige dreidimensionale Meßtransformatoren können in besonders vorteilhafter Weise aus Windungen oder Wicklungen aufgebaut sein, deren Achsenrichtungen mehr oder weniger gleichmäßig über alle Raumrichtungen verteilt ausgerichtet sind. Solche einem Wollknäuel ähnelnde Anordnungen ermöglichen es, das Stromsignal bzw. dessen 1. Ableitung praktisch richtungsunabhängig zu erfassen.

[0039] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann ferner eine von der Kontrolleinrichtung gesteuerte Signaleinrichtung aufweisen, die ein akustisches und/oder optisches und/oder elektrisches, etwa zu Steuer- oder Regelzwecken verwendbares Signal abgibt, wenn der Effektivwert der n-ten Ableitung innerhalb oder außerhalb des Schlackefensters liegt.

45 **[0040]** Die Kontrolleinrichtung ist ferner vorteilhaft so ausgebildet, daß auf einem Display angezeigt wird oder das abgegebene Signal auch die Information beinhaltet, ob der Effektivwert oberhalb oder unterhalb des Schlackefensters liegt.

[0041] Wenn die Kontrolleinrichtung als Regler ausgelegt und in einem geschlossenen Regelkreis integriert ist, weist sie vorteilhaft ein PD-, PI-, PID- oder PDPI-artiges Regelverhalten auf. Wenn sie einen digitalen Regler mit frei wählbarer bzw. programmierbarer Charakteristik oder ein adaptives, lernendes System darstellt, können hierbei analoge Kennlinien realisiert sein. Durch ein derartiges Regelverhalten, das vorzugsweise ofenspezifisch empirisch optimiert wird, läßt sich eine gegenüber P-artigen Reglern praktisch totzeitfreie Regelung mit hoher Ansprech- und Ausregelgeschwindigkeit realisieren, wobei die Regelabweichung minimiert werden kann.

50 **[0042]** Die Effektivwerteinrichtung zur Bildung des Effektivwertes der n-ten Ableitung $[d^n i/dt^n]_{\text{eff}}$ ist vorteilhaft ein Meßgleichrichter, dem ggf. ein Integrator nachgeschaltet ist.

[0043] Die Kontrolleinrichtung ist vorzugsweise ein digitales Mikroprozessorsystem, worin die dem Schlackefenster zugeordneten Grenzwerte gespeichert oder speicherbar sind und das die Steuerung der Stellglieder übernimmt und

ggf. den Effektivwert auf einem Display anzeigt.

[0044] Die Kontrolleinrichtung ist vorteilhaft als adaptiver Regler ausgelegt. Durch Implementierung von Fuzzy-Logik kann die Steuer- bzw. Reglerfunktion weiter optimiert werden.

[0045] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann ferner auch Filter aufweisen, um unerwünschte Frequenzen, wie etwa die Netzfrequenz und unerwünschte hochfrequente Anteile, zu eliminieren und so die Selektivität der Signalerfassung zu erhöhen. Besonders geeignet sind digitale Filter, da sie es erlauben, beliebige Durchlaßkennlinien zu realisieren.

[0046] Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erfassung und gegebenenfalls Regelung des Schlackezustandes in einem Lichtbogenofen;

Fig. 2 eine weitere erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erfassung und gegebenenfalls Regelung des Schlackezustandes in einem Lichtbogenofen;

Fig. 3 eine Registrierkurve, die den Effektivwert der zweiten Ableitung der Stromstärke in Abhängigkeit von der Zeit zeigt, wobei der Schlackezustand sowohl in der Einschmelzphase als auch für den geschmolzenen Zustand des Metallbads dargestellt ist.

[0047] Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung, mit welcher der Schlackezustand nicht nur quantitativ erfaßt und gesteuert, sondern auch, durch die Einwirkung auf entsprechende Stellglieder in einem geschlossenen Regelkreis, geregelt werden kann.

[0048] Die Vorrichtung von Fig. 1 umfaßt eine Rogowski-Spule als Meßtransformator, der die Stromerfassungseinrichtung (3) darstellt, an deren Ausgang die erste Ableitung des Stromsignals $i(t)$ des durch die Elektrode 2 fließenden Stroms vorliegt, eine Differenziereinrichtung 4, welche daraus die zweite Ableitung der Stromstärke $i(t)$ bildet, einen nachgeschalteten Meßgleichrichter als Effektivwerteinrichtung 5, die den Effektivwert $[d^2i/dt^2]_{eff}$ bildet, eine anschließend vorgesehene Integriereinrichtung 6 und eine Kontrolleinrichtung 7, die mit dem Ausgang der Integriereinrichtung 6 verbunden ist. Die Kontrolleinrichtung 7 stellt eine Steuerlogik dar, die aufgrund einer vorgegebenen oder wählbaren Regelcharakteristik und auf der Basis vorgegebener Sollwerte für den Schlackefenster entsprechende Effektivwerte entsprechende Ausgangssignale an ein Stellglied 8 abgibt und eine Lanze 9 zum Einblasen von Sauerstoff ansteuert. Auch die (nicht dargestellte) Elektrodenpositioniereinrichtung kann ein solches Stellglied 8 sein.

[0049] Es können selbstverständlich mehrere Lanzen zum Einblasen von Kohlenstoff bzw. Kohle in die Schlacke oder zum Einblasen von Sauerstoff in das Stahlbad gleichzeitig angesteuert werden; es kann ferner auch eine Eintrageinrichtung zum Eintragen von schlackenbildenden Stoffen angesteuert werden. Der die Stromerfassungseinrichtung 3 für den Elektrodenstrom darstellende Meßtransformator erfaßt die Stromstärke $i(t)$ des Stroms, der über die Elektrode 2 des Lichtbogens fließt. In der Differenziereinrichtung 4 wird daraufhin die n -te Ableitung $d^n i/dt^n$ der vom Meßtransformator erfaßten Stromstärke $i(t)$ gebildet. Der Meßtransformator besteht beispielsweise aus einer Rogowski-Spule, die als Ausgangssignal bereits die 1. Ableitung di/dt der Stromstärke $i(t)$ liefert. Nach Differenzierung gelangt das Stromsignal zur Bildung des Effektivwertes $[d^n i/dt^n]_{eff}$ zu dem Meßgleichrichter 5 und wird im Integrator 6 integriert.

[0050] Das Signal wird dann der Kontrolleinrichtung 7 zugeführt, die den Effektivwert $[d^n i/dt^n]_{eff}$ mit vorgegebenen Grenzwerten vergleicht.

[0051] Liegt das erfaßte Signal außerhalb des vorgegebenen Wertebereichs (des Schlackefensters), wird ein entsprechendes Stellsignal an das Stellglied 8 abgegeben, um über die Lanze 9 Sauerstoff in das Stahlbad einzublasen.

[0052] Die in Fig. 2 dargestellte erfindungsgemäße Vorrichtung stellt eine vorteilhafte Weiterbildung der Regeleinrichtung von Fig. 1 dar und eignet sich insbesondere für Gleichstromlichtbogenöfen.

[0053] Die Vorrichtung von Fig. 2 unterscheidet sich von der Vorrichtung der Fig. 1 dadurch, daß dem Meßgleichrichter der die Effektivwerteinrichtung 5 darstellt, ein Tiefpaßfilter 10 vorgeschaltet ist, das vor der Bildung des Effektivwertes unerwünschte Frequenzen außerhalb des Frequenzbereiches von 20 Hz bis 1 kHz abtrennt.

[0054] Ferner ist nach der Kontrolleinheit 7 eine weitere Kontrolleinheit 11 vorgesehen, die nach dem Prinzip der Fuzzy-Logik arbeitet.

[0055] Die gestrichelte Linie zwischen der Kontrolleinheit 7 und der Elektrode 2 soll andeuten, daß erfindungsgemäß auch die Auf- und Abbewegung der Elektrode 2 durch die Kontrolleinheit 7 in Abhängigkeit vom Schlackezustand geregelt werden kann.

[0056] Figur 3 zeigt den Schlackezustand in einem Drehstromlichtbogenofen in der Einschmelz- sowie in der Schmelzphase. Bei diesem Versuch wurden 80 t Schrott eingeschmolzen. Fig. 3 zeigt den zeitlichen Verlauf des Effektivwertes der zweiten Ableitung der Stromstärke $i(t)$ des über die Elektrode fließenden Stroms in Form eines ihm proportionalen Spannungssignals (V). Nach der Einschmelzphase lag der Effektivwert zuverlässig im Bereich des Schlackefensters, das durch die parallelen Linien mit dazwischenliegender Schraffierung angedeutet ist.

[0057] Durch die Anwendung des Erfindungskonzepts konnten in Drehstromlichtbogenöfen Energieeinsparungen

von 5 - 30 kWh pro Tonne eingesetzten Schrotts erzielt werden. Bei Gleichstromlichtbogenöfen lag diese Energieersparnis sogar noch etwas höher.

[0058] Ferner konnte der Verbrauch an Feuerfestmaterialien um etwa 0,5 kg/t verringert werden.

[0059] Zusammenfassend ist festzustellen, daß die vorliegende Erfindung eine schnelle und zuverlässige Erfassung des Schlackezustandes in Lichtbogenöfen ermöglicht, wodurch die Wirtschaftlichkeit des Lichtbogenofenbetriebes verbessert werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erfassung des Schlackezustandes in Lichtbogenöfen, in denen ein flüssiges Metallbad, insbesondere ein Stahlbad, mit einer Schlackeschicht bedeckt ist, die den zwischen Metallbad und Elektrode brennenden Lichtbogen zumindest teilweise einhüllt, durch Erzeugung eines aus der Stromstärke $i(t)$ des über die Elektrode fließenden Stroms abgeleiteten Signals und Ermittlung des Schlackezustandes aus diesem Signal, gekennzeichnet durch

- Bildung der n -ten Ableitung $d^n i/dt^n$ der von der Zeit t abhängigen Stromstärke $i(t)$ bzw. eines ihr proportionalen Signals zu vorgegebenen Zeitpunkten oder kontinuierlich, wobei n gleich 2, 3 oder 4 ist,
- Bildung des Effektivwertes $[d^n i/dt^n]_{\text{eff}}$ der n -ten Ableitung $d^n i/dt^n$ der Stromstärke $i(t)$ bzw. des ihr proportionalen Signals in Form des quadratischen Mittelwerts nach der Formel I,

$$[d^n i/dt^n]_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (d^n i/dt^n)^2 dt} \quad (I),$$

worin bedeuten:

i die Stromstärke des über die Elektrode fließenden Stroms,
 n 2, 3 oder 4
 und
 T die Integrationsdauer,

und

- Ermittlung, ob der Effektivwert $[d^n i/dt^n]_{\text{eff}}$ innerhalb vorgegebener Grenzwerte (Schlackefenster) liegt, innerhalb deren der Schlackezustand und die Schlackemenge bzw. der Einhüllungsgrad der Elektrode optimal sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die 2. Ableitung ($n = 2$) der Stromstärke $i(t)$ zur Bildung des Effektivwertes herangezogen wird ($[d^2 i/dt^2]_{\text{eff}}$).

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die n -te Ableitung $d^n i/dt^n$ aus Inkrementen nullter bis n -ter Ordnung nach der Formel II

$$d^n i/dt^n = k_0 + k_1 \cdot di/dt + k_2 \cdot d^2 i/dt^2 + k_3 \cdot d^3 i/dt^3 + k_4 \cdot d^4 i/dt^4 \quad (II)$$

erzeugt wird, in der k_0 , k_1 , k_2 , k_3 und k_4 vorgegebene und insbesondere durch Eichung oder empirisch bestimmte Konstante darstellen, wobei die Bedingungen k_0 , $k_1 \geq 0$ sowie k_2 und/oder k_3 und/oder $k_4 > 0$ gelten.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3 zur Steuerung oder Regelung des Schlackezustandes, dadurch gekennzeichnet, daß bei Erfassung eines außerhalb des Schlackefensters liegenden Effektivwertes Kohlenstoff bzw. Kohle in die Schlacke oder Sauerstoff in das Metallbad eingeblasen wird bzw. das Einblasen dieser Stoffe reduziert und/oder gestoppt wird.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4 zur Steuerung oder Regelung des Schlackezustandes

des, dadurch gekennzeichnet, daß bei Erfassung eines außerhalb des Schlackefensters liegenden Effektivwertes schlackenbildende Stoffe in den Lichtbogenofen eingebracht werden bzw. die Zufuhr dieser Stoffe reduziert und/oder gestoppt wird.

- 5 6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei Erfassung eines außerhalb des Schlackefensters liegenden Effektivwertes die Elektrodenposition entsprechend geändert wird.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das der n-ten Ableitung der Stromstärke $i(t)$ entsprechende Signal $d^n i/dt^n$ vor der Bildung des Effektivwertes gefiltert wird.
- 10 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß so gefiltert wird, daß Signalkomponenten des Signals $d^n i/dt^n$ außerhalb des Frequenzbereichs von 800 Hz bis 100 kHz abgetrennt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß Signalkomponenten außerhalb des Frequenzbereichs von 20 Hz bis 1 kHz abgetrennt werden.
- 15 10. Vorrichtung zur Erfassung des Schlackezustandes in Lichtbogenöfen (1), in denen ein flüssiges Metallbad, insbesondere ein Stahlbad, herstellbar ist, das mit einer Schlackeschicht bedeckt ist, die den zwischen Metallbad und Elektrode (2) brennenden Lichtbogen zumindest teilweise einhüllt, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 9, die aufweist

- eine Stromerfassungseinrichtung (3), welche die Stromstärke $i(t)$ des über die Elektrode (2) fließenden Stroms erfaßt,
- eine Differenziereinrichtung (4), die eine Ableitung der Stromstärke $i(t)$ erzeugt, und
- eine Kontrolleinrichtung (7), die aus der Ableitung der Stromstärke $i(t)$ ein dem Schlackezustand entsprechendes Signal erzeugt,

dadurch gekennzeichnet, daß die Differenziereinrichtung (4) die n-te Ableitung $d^n i/dt^n$ der von der Zeit t abhängigen Stromstärke $i(t)$, bzw. ein der n-ten Ableitung entsprechendes Signal zu vorgegebenen Zeitpunkten oder kontinuierlich erzeugt, wobei n gleich 2, 3 oder 4 ist, eine der Differenziereinrichtung (4) nachgeschaltete Effektivwerteinrichtung (5) vorgesehen ist, die den Effektivwert $[d^n i/dt^n]_{\text{eff}}$ der n-ten Ableitung $d^n i/dt^n$ der Stromstärke $i(t)$ bzw. des ihr proportionalen Signals in Form des quadratischen Mittelwerts nach der Formel I bildet,

$$[d^n i/dt^n]_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (d^n i/dt^n)^2 dt} \quad (I),$$

worin bedeuten:

- i die Stromstärke des über die Elektrode (2) fließenden Stroms,
- t die Zeit,
- n 2, 3 oder 4
- und
- T die Integrationsdauer,

und

die Kontrolleinrichtung (7) der Effektivwerteinrichtung (5) nachgeschaltet ist und den Effektivwert $[d^n i/dt^n]_{\text{eff}}$ mit vorgegebenen Grenzwerten vergleicht, innerhalb deren der Schlackezustand und die Schlackemenge bzw. der Einhüllungsgrad der Elektrode (2) optimal sind (Schlackefenster), und bei Erfassung eines außerhalb des Schlackefensters liegenden Effektivwertes $[d^n i/dt^n]_{\text{eff}}$ ein entsprechendes Signal abgibt und/oder eine oder meh-

rere Lanzen (9) zum Einblasen von Kohlenstoff bzw. Kohle in die Schlacke oder von Sauerstoff in das Metallbad und/oder eine Eintrageinrichtung zum Eintragen von schlackebildenden Stoffen ansteuert und/oder die Elektrode (2) geeignet positioniert.

- 5 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromerfassungseinrichtung (3) ein an zwei voneinander beabstandeten Punkten des Elektrodenkreises parallelgeschalteter Meßwiderstand ist, wobei der daran auftretende Spannungsabfall, der dem Strom $i(t)$ entspricht, als Eingangssignal zur Differenziereinrichtung (4) gelangt, die daraus die n-te Ableitung $d^n i/dt^n$ der Stromstärke $i(t)$ erzeugt.
- 10 12. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromerfassungseinrichtung (3) ein Meßtransformator ist, der ein Ausgangssignal abgibt, das der ersten Ableitung di/dt der Stromstärke $i(t)$ entspricht, und die Differenziereinrichtung (4) so ausgebildet ist, daß sie aus dem Ausgangssignal des Meßtransformators durch Nachdifferenzieren ein der n-ten Ableitung $d^n i/dt^n$ der Stromstärke $i(t)$ entsprechendes Ausgangssignal erzeugt.
- 15 13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromerfassungseinrichtung (3) eine ein-, zwei- oder dreidimensionale Spule ist.
14. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10, 12 und 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromerfassungseinrichtung (3) eine Rogowski-Spule ist.
- 20 15. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Differenziereinrichtung (4) mit der Stromerfassungseinrichtung (3) eine funktionelle Einheit bildet bzw. mit der Stromerfassungseinrichtung (3) integriert ist.
- 25 16. Vorrichtung nach Anspruch 10 und/oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromerfassungseinrichtung (3) ein Hall-Generator ist.
17. Vorrichtung nach einem der mehreren der Ansprüche 10 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Effektivwerteinrichtung (5) zur Bildung des Effektivwertes der n-ten Ableitung ein Meßgleichrichter ist, dem gegebenenfalls eine Integriereinrichtung (6) nachgeschaltet ist.
- 30 18. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontrolleinrichtung (7) ein Rechner bzw. ein Mikrocomputer ist, in dem die dem Schlackefenster zugeordneten Grenzwerte gespeichert oder speicherbar sind.
- 35 19. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontrolleinrichtung (7) ein Display aufweist, auf dem anzeigbar ist, ob der Effektivwert der n-ten Ableitung innerhalb oder außerhalb des Schlackefensters liegt.
- 40 20. Vorrichtung nach einem der mehreren der Ansprüche 10 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontrolleinrichtung (7) eine Signaleinrichtung aufweist, die ein akustisches und/oder optisches und/oder elektrisches Signal abgibt, wenn der Effektivwert der n-ten Ableitung innerhalb oder außerhalb des Schlackefensters liegt.
- 45 21. Vorrichtung nach Anspruch 19 und/oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontrolleinrichtung (7) so ausgebildet ist, daß auf dem Display auch angezeigt wird, ob der Effektivwert oberhalb oder unterhalb des Schlackefensters liegt.
22. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontrolleinrichtung (7) so ausgebildet ist, daß das abgegebene Signal auch die Information beinhaltet, ob der Effektivwert oberhalb oder unterhalb des Schlackefensters liegt.
- 50 23. Vorrichtung nach einem der mehreren der Ansprüche 10 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontrolleinrichtung (7) als Steuereinrichtung mit offenem Wirkungsablauf ausgelegt ist.
- 55 24. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontrolleinrichtung (7) als Regeleinrichtung mit geschlossenem Regelkreis ausgelegt ist und als Stellglieder eine oder mehrere Lanzen zum Einblasen von Kohlenstoff bzw. Kohle in die Schlacke und/oder von Sauerstoff in das Metallbad und/oder die Elektrodenpositioniereinrichtung ansteuert und den Schlackezustand über den Effektivwert $[d^n i/dt^n]_{\text{eff}}$

der n-ten Ableitung des Stroms $i(t)$ so regelt, daß der Effektivwert im Schlackefenster gehalten wird.

25. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Differenzier-
einrichtung (4) so ausgebildet ist, daß sie die 2. Ableitung d^2i/dt^2 des Stroms $i(t)$ bildet.

26. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Differenzier-
einrichtung (4) so ausgebildet ist, daß sie als n-te Ableitung $d^n i/dt^n$ ein aus Inkrementen nullter bis n-ter Ordnung
bestehendes Signal erzeugt, das der Formel II entspricht,

$$d^n i/dt^n = k_0 + k_1 \cdot di/dt + k_2 \cdot d^2 i/dt^2 + k_3 \cdot d^3 i/dt^3 + k_4 \cdot d^4 i/dt^4 \quad (II),$$

in der k_0 , k_1 , k_2 , k_3 und k_4 vorgegebene und insbesondere durch Eichung oder empirisch bestimmte Konstante dar-
stellen, für welche die Bedingungen

k_0 , $k_1 \geq 0$ sowie k_2 und/oder k_3 und/oder $k_4 > 0$ gelten.

27. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine der Diffe-
renziereinrichtung (4) nachgeschaltete Filtereinrichtung (10) aufweist, die unerwünschte Signalkomponenten aus-
filtert.

28. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtereinrichtung (10) so ausgebildet ist, daß sie
Signalkomponenten ausfiltert, die außerhalb des Bereichs von 800 Hz bis 100 kHz liegen.

29. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtereinrichtung (10) so ausgebildet ist, daß sie
Signalkomponenten ausfiltert, die außerhalb des Bereichs von 20 Hz bis 1 kHz liegen.

30. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß der Kontrolleinrich-
tung (7) eine weitere Kontrolleinrichtung (11) nachgeschaltet oder zugeordnet ist.

31. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontrolleinrich-
tung (7) und/oder die ihr nachgeschaltete oder zugeordnete weitere Kontrolleinrichtung (11) ein auf Fuzzy-Logik
beruhender Fuzzy-Controller ist.

32. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Effektivwert-
einrichtung (5) und die Kontrolleinrichtung(en) (7, 11) funktionell miteinander integriert sind und vorzugsweise
einen Mikrocomputer darstellen.

33. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontrolleinrich-
tung (7, 11) so ausgelegt ist, daß sie als adaptiver Regler arbeitet.

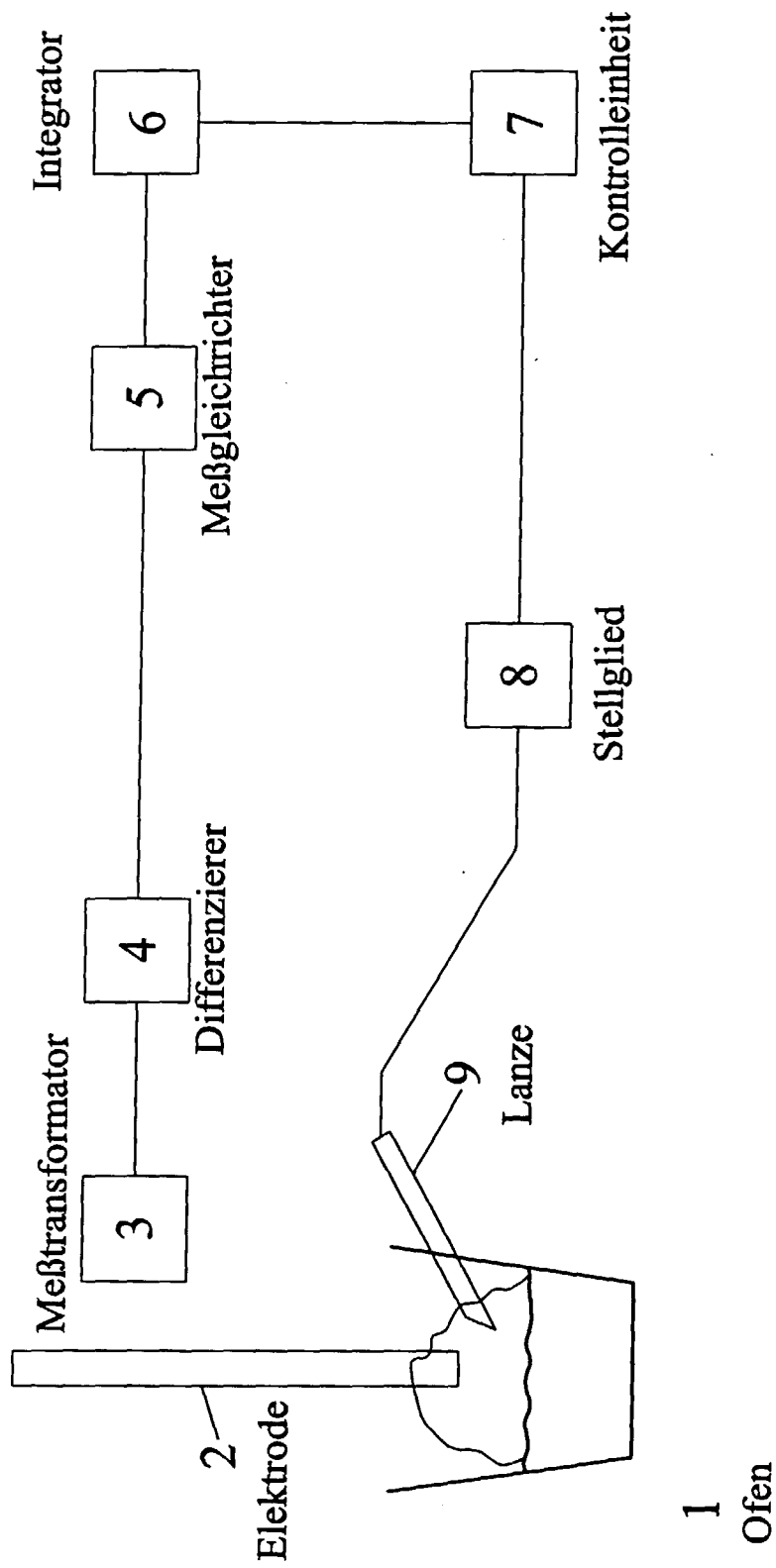


Fig. 1

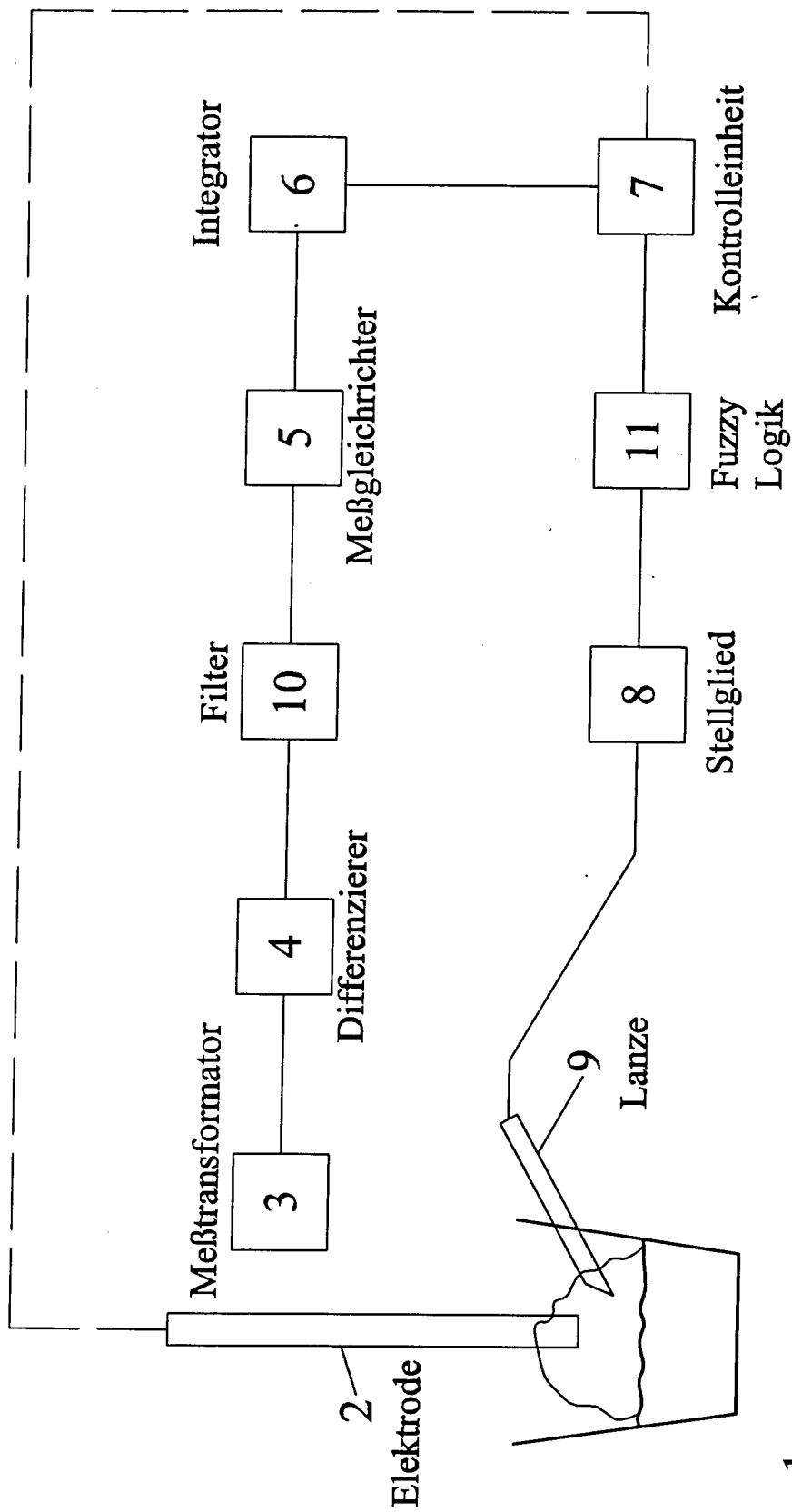
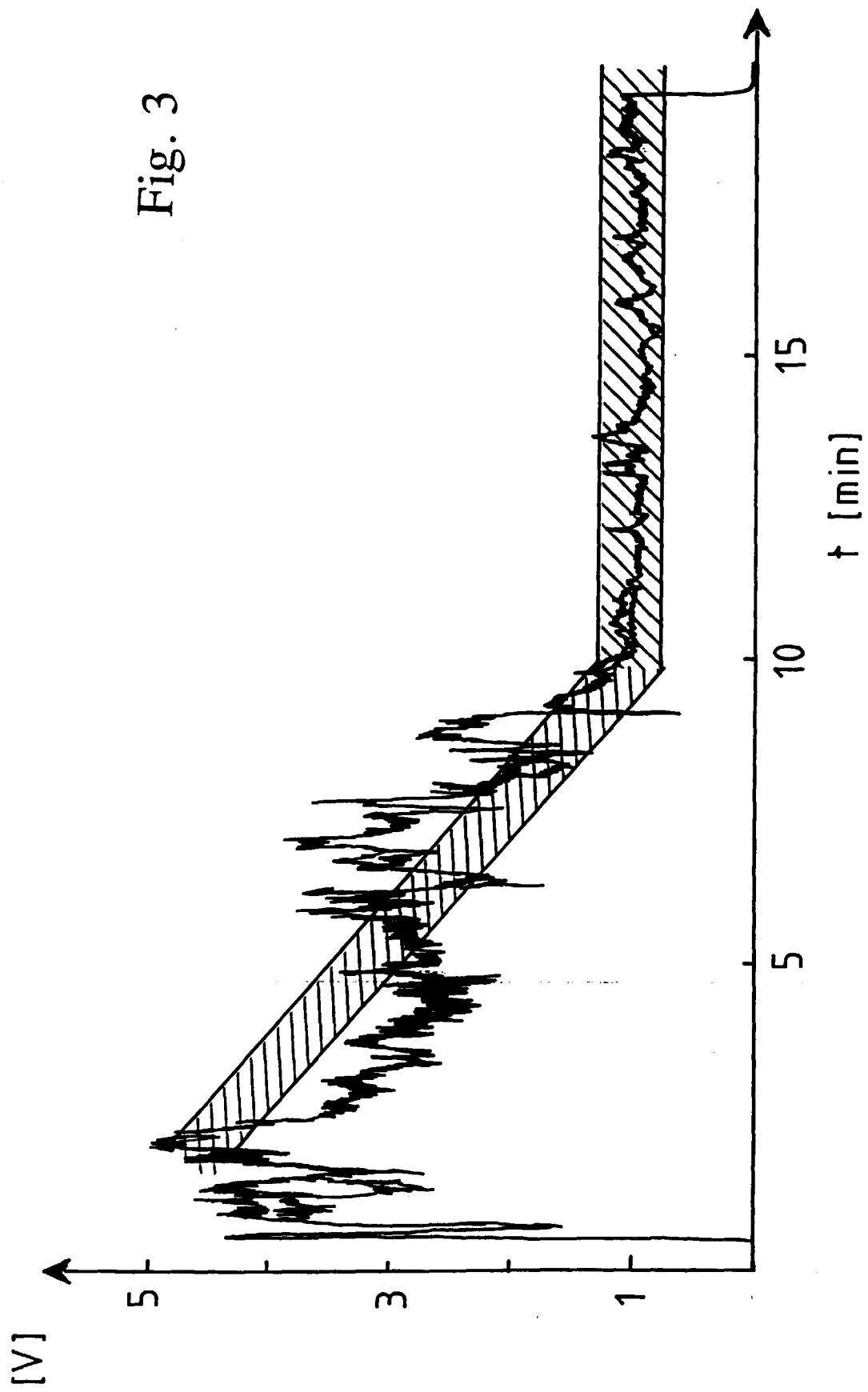


Fig. 2





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 11 4023

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	EP 0 637 634 A (VOEST-ALPINE) 8. Februar 1995 ----		C21C5/52 F27D21/00
A	EP 0 692 544 A (ISPAT) 17. Januar 1996 ----		
A	US 5 115 447 A (B.B.BOWMAN) 19. Mai 1992 ----		
A	DE 38 32 763 A (GEOTRONICS AB) 6. April 1989 -----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			F27D C21C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 14. Dezember 1998	Prüfer Coulomb, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mchtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.82 (P4/C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 98 11 4023

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-12-1998

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 637634 A	08-02-1995	AT 155793 A	15-04-1996
		CA 2129407 A	05-02-1995
EP 692544 A	17-01-1996	DE 4425089 C	11-01-1996
US 5115447 A	19-05-1992	AT 119734 T	15-03-1995
		CA 2059062 A	11-07-1992
		DE 69201573 D	13-04-1995
		DE 69201573 T	18-01-1996
		EP 0494720 A	15-07-1992
		MX 9200092 A	01-07-1992
DE 3832763 A	06-04-1989	SE 463893 B	04-02-1991
		JP 1161118 A	23-06-1989
		SE 8703728 A	29-03-1989
		US 4880212 A	14-11-1989

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82