

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 981 034 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
21.01.2004 Patentblatt 2004/04

(51) Int Cl.7: **F27D 21/00**, F27B 3/28,
F27D 3/15, F27B 3/19

(21) Anmeldenummer: **99115929.4**

(22) Anmeldetag: **13.08.1999**

(54) **Verfahren zum Bestimmen der Höhe des Badspiegels eines Elektrolichtbogenofens**

Process to determine the melt level in an electric arc furnace

Procédé pour mesurer la hauteur de la surface du bain métallique dans un four électrique à arc

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

(30) Priorität: **14.08.1998 DE 19836844**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.02.2000 Patentblatt 2000/08

(73) Patentinhaber: **SMS Demag AG
40237 Düsseldorf (DE)**

(72) Erfinder:
• **Wu, Wei-Ping, Dr.
40699 Erkrath (DE)**

• **Pleschiutznigg, Fritz-Peter, Prof. Dr.-Ing.
47269 Duisburg (DE)**

(74) Vertreter: **Valentin, Ekkehard, Dipl.-Ing. et al
Patentanwälte Hemmerich, Valentin, Gihlske,
Grosse,
Hammerstrasse 2
57072 Siegen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**GB-A- 2 286 051 US-A- 2 901 828
US-A- 4 843 234 US-A- 5 708 677**

EP 0 981 034 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen der Höhe des Badspiegels eines Elektrolichtbogenofens, der ein Ofengefäß mit einer Schlackentür und einen höhenverstellbaren Elektroden­tragarm für mindestens eine Graphitelektrode aufweist.

[0002] Im Elektrolichtbogenofen ist die Schmelze mit einer oxidischen Schlacke bedeckt. Für den Reinheitsgrad des Stahls und für die Gussqualität ist es wichtig, dass beim Abstich in die Gießpfanne möglichst wenig Schlacke mitläuft. Die Schlacke enthält Sauerstoff, zu dessen Beseitigung Aluminiumzusätze benötigt werden. Das Aluminium wird zu Tonerde oxidiert, die die Gieß­eigenschaften verschlechtert und das Verstopfen des Tauchausgusses, das sogenannte "clogging" fördert. Außerdem erschwert der Sauerstoff aus dem Eisenoxid in der Schlacke die Entschwefelung und Entgasung des Stahls bei der sekundärmetallurgischen Behandlung.

[0003] Mitgelaufene Schlacke ist visuell schlecht auszumachen. Manche Betreiber benutzen deshalb ein elektromagnetisches Verfahren zur Schlackenerkennung. Dessen Warnsignal erfolgt jedoch erst dann, wenn die Schlacke schon durch das Abstichloch in die Gießpfanne läuft. Erst an den negativen Gieß­eigenschaften erkennt man, dass der Abstich nicht schlackenarm genug war.

[0004] Es ist bekannt, dass durch den "Badewannen­effekt" - einer Wirbelbildung über dem Abstichloch - der Schlackenmitlauf schon beginnt, bevor die Schlackenschicht das Abstichloch erreicht. Es ist deshalb wichtig, dass der Badspiegel über dem Abstichloch am Ende des Abstichs eine gewisse Mindesthöhe aufweist.

[0005] Diese Mindesthöhe des Badspiegels kann nicht gemessen werden, da das Ofengefäß beim Abstich gekippt wird. Das zulässige Abstichgewicht, das zum Erreichen des Mindestbadspiegels führt, hängt von der Höhe des Badspiegels vor dem Abstich ab. Zwischen dieser Höhe und dem zulässigen Abstichgewicht besteht ein Zusammenhang, für den es Erfahrungswerte gibt, so dass bei bekannter Badspiegelhöhe das zulässige Abstichgewicht ebenfalls bekannt ist.

[0006] Das Abstichgewicht wird mittels Wiege­zellen unter der Gießpfanne im Stahllentnahmewagen gemessen, wobei der Abstich so lange erfolgt, bis das zulässige Abstichgewicht erreicht ist. Dabei ist der entscheidende Punkt die Kenntnis der Ausgangshöhe des Badspiegels.

[0007] Bei einem bekannten Verfahren zur Bestimmung der Ausgangshöhe des Badspiegels wird diese aus dem Badgewicht abgeleitet, das durch Messdosen unter dem Ofengefäß gemessen wird. Das Badgewicht setzt sich zusammen aus dem Abstichgewicht und dem nach dem Abstich im Ofengefäß verbleibenden Reststahlgewicht. Letzteres vergrößert sich jedoch im Laufe der Zeit, da die feuerfeste Auskleidung des Ofenge­fäßes vor allem im Bereich des Bodenprofils und an der

Wandung im Badspiegelbereich verschleißt als Folge der hohen Temperaturen, Temperaturwechsel- und Druckwechselbeanspruchungen. Daher ist das Badgewicht kein zuverlässiger Indikator für die Höhe des Badspiegels.

[0008] Beim heutigen Stand der Technik wird die Höhe des Badspiegels gemessen, um ein gezieltes Absenken der Sauerstofflanze in den Konverter bzw. in das Ofengefäß zu erreichen. Dazu wird eine wassergekühlte Messsonde mit zwei Kontaktstiften am Messkopf verwendet. Nach Durchtritt durch die Schlackenschicht ändert sich beim Eintauchen der Messsonde in das Stahlbad der elektrische Widerstand zwischen den Kontaktstiften und signalisiert so die Lage des Badspiegels. Dieses Verfahren ist jedoch aufwendig, zumal wenn man die zusätzliche Messung vor dem Abstich in Betracht zieht.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, das zum exakten und kostengünstigen Bestimmen der Höhe des Badspiegels eines Elektrolichtbogenofens kurz vor dessen Abstich führt.

[0010] Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Höhe des Badspiegels durch Differenzbildung der vorzugsweise außerhalb des Hochtemperaturbereiches des Elektrolichtbogenofens direkt gemessenen Längen des Positionswertes des in Arbeitsstellung befindlichen Elektroden­tragarms und der Graphitelektrode und der indirekt ermittelten, mit einem Korrekturglied korrigierten, Lichtbogenlänge bestimmt wird. Das genaue Messen von Längen außerhalb des Hochtemperaturbereiches in normal temperierter Umgebung des Elektrolichtbogenofens ist vergleichsweise einfach und unaufwändig. Dadurch kann das Messverfahren genau und kostengünstig sein.

[0011] Die Länge des Lichtbogens wird vorteilhafterweise mit Hilfe elektrischer Parameter wie Spannung, Leistungsfaktor (Cosinus Φ), Widerstand, Reaktanz und anderer Messgrößen während des Betriebs bestimmt. Diese elektrischen Messwerte fallen ohne dies im Betrieb an und erfordern keinen zusätzlichen Apparat-, Zeit- und Bedienungsaufwand.

[0012] Es ist von Vorteil, dass bei der Bestimmung der Lichtbogenlänge ein empirisch ermitteltes Korrekturglied für die Unebenheit des Badspiegels berücksichtigt wird. Dadurch steigt die Genauigkeit der Bestimmung des Badspiegels.

[0013] Vorteilhaft ist auch, dass die Länge der Graphitelektrode bestimmt wird als Differenz des Positionswertes des angehobenen Elektroden­tragarms und des Positionswertes eines optischen Positionsmessgerätes, mit dessen Hilfe die Spitze der angehobenen Graphitelektrode durch die geöffnete Schlackentür geortet wird. Die Positionswerte von Elektroden­tragarm und optischem Messgerät werden in einfacher Weise und außerhalb der Hochtemperaturzone gemessen. Der Kontakt zur Spitze der Graphitelektrode ist ein rein optischer.

[0014] Da die optische Positionsmessung der Spitze

der Graphitelektrode nach deren Anhebung im Anschluss an die Überhitzungsphase erfolgt, wird die Längenmessung kurz vor dem Abstich vorgenommen. Dadurch wird die genaue Länge der Graphitelektrode unter Berücksichtigung von deren aktuellem Verschleißzustand für die Bestimmung der Badspiegelhöhe herangezogen.

[0015] Es hat sich als vorteilhaft gezeigt, dass der Elektrodenverbrauch aus dem beim Schmelzprozess gemessenen Verbrauch von elektrischer und chemischer Energie bestimmt wird. Dieses empirische Verfahren bietet eine indirekte Angabe der aktuellen Elektrodenlänge vor dem Abstich.

[0016] Es ist deshalb von Vorteil, dass der Badspiegel mit einer rechnerischen Verknüpfung der Längenabmessungen bestimmt und mit dem aus der beim Schmelzen eingesetzten elektrischen und chemischen Energie errechneten Elektrodenverbrauch kontrolliert wird. Auf diese Weise wird die Sicherheit der Badspiegelmessung weiter erhöht.

[0017] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile ergeben sich aus der folgenden speziellen Beschreibung und den Zeichnungen, in denen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung schematisch dargestellt ist.

[0018] Es zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch einen Elektrolichtbogenofen mit Stahlnahmewagen,

Fig. 2 einen Teil des geschnittenen Elektrolichtbogenofens mit offener Schlackentür und optischem Messgerät.

[0019] Im Elektrolichtbogenofen (1) der Figur 1 wird Elektro Stahl aus Schrott und ggf. aus Eisenschwamm und Roheisen erschmolzen. Ein Ofengefäß (2) ist als feuerfest ausgekleidetes kippbares Stahlgefäß ausgebildet, das einen schwenkbaren Ofendeckel (3) aufweist. Auf diese Weise kann der Schrott in Körben von oben in den Ofen eingebracht werden.

[0020] Die Zufuhr der elektrischen Energie für die Beheizung des Elektrolichtbogenofens (1) erfolgt bei Gleichstrombetrieb über eine Graphitelektrode (4). Diese ist an einem Elektrodenträgarm (5) befestigt, der mittels einer nicht dargestellten Hubeinrichtung durch eine Öffnung im Ofendeckel (3) in den Ofenraum abgesenkt werden kann, wobei seine Position durch einen nicht dargestellten Positionsgeber angezeigt wird. Ein Lichtbogen (6) überträgt die Energie auf die Einsatzstoffe.

[0021] Die Schmelze (7) weist einen Badspiegel (8) auf, der in der rechten Hälfte von Fig. 1 das Niveau vor und in der Linken Hälfte während des Abstichs hat. Auf den Badspiegel (8) schwimmt eine Schlackenschicht (9). Der flüssige Stahl ergießt sich in eine Gießpfanne (10), die auf einem Stahlnahmewagen (11) steht, mit dem die Gießpfanne (10) zu den Gießeinrichtungen oder anderen Weiterbehandlungsanlagen transportiert wird. Unter der Gießpfanne (10) sind Wiegezellen (12)

angeordnet, um das abgestochene Stahlgewicht messen zu können.

[0022] Figur 2 zeigt einen Ausschnitt von Fig. 1 mit einer hochgezogenen Schlackentür (13), die die Sicht auf die Spitze der ebenfalls hochgezogenen Graphitelektrode (4) für ein optisches Positionsmessgerät (14) freigibt.

[0023] Das erfindungsgemäße Verfahren funktioniert folgendermaßen: Nach dem Einschmelzen wird der flüssige Stahl (7) des Elektrolichtbogenofens (1) überhitzt, um eine optimale Abstichtemperatur zu erzielen. Gegen Ende der Überhitzung nimmt der Elektrodenträgarm (5) die Position $H_{arm,1}$ ein. Zu diesem Zeitpunkt ist der Badspiegel (8) glatt und der Lichtbogen (6) brennt ruhig unter der Schlacke (9). Die Lichtbogenlänge L_{arc} kann über die vorliegenden elektrischen Messwerte des Elektrolichtbogenofens (1) bestimmt werden.

[0024] Wie aus Figur 1 ersichtlich, kann die Höhe des Badspiegels (8) wie folgt ermittelt werden:

$$H_{bad} = H_{arm,1} - L_{gr} - (L_{arc} - c)$$

[0025] Dabei sind:

$H_{arm,1}$ = Position des Elektrodenträgarms (5) gegen Ende der Überhitzung,

L_{gr} = die Länge der Graphitelektrode (4) unter dem Elektrodenträgarm (5),

L_{arc} = die Länge des Lichtbogens (6),

c = ein Korrekturglied zur Berücksichtigung der Unebenheit der Badoberfläche.

[0026] In Figur 2 ist die Ermittlung der Elektrodenlänge L_{gr} schematisch dargestellt.

$$L_{gr} = H_{arm,2} - H_{gr}$$

[0027] Dabei sind:

$H_{arm,2}$ = die Position des Elektrodenträgarms (5) nach Anheben der Graphitelektrode (4),

H_{gr} = Position der Elektroden Spitze (mittels optischem Positionsmessgerät (14) durch die offene Schlackentür (13) geortet).

[0028] Der Messwert L_{gr} wird mit dem auf dem Elektrodenverbrauch ΔL_{gr} berechneten verglichen. Der Elektrodenverbrauch ΔL_{gr} kann über die beim Schmelzvorgang verbrauchte elektrische und chemische Energie sowie über elektrische Parameter empirisch ermittelt werden.

[0029] Bei der Auswertung der oben angeführten Da-

ten fällt die Differenz ΔH_{bad} zwischen der Höhe des Ist-Badspiegels $H_{\text{bad,ist}}$ und des Soll-Badspiegels $H_{\text{bad,soll}}$ an. $\Delta H_{\text{bad}} = H_{\text{bad,ist}} - H_{\text{bad,soll}}$. Daraus lässt sich die Gewichts-
 5 differenz $\Delta G_{\text{bad}} = \Delta H_{\text{bad}} \cdot A$ ableiten, wobei A die Badoberfläche ist

[0030] Im Falle eines Gewichtsdefizits können - falls verfügbar - zusätzlich Eisenträger wie direkt reduziertes Eisen bzw. Eisenschwamm (DRI) und/oder heiß briket-
 10 tiertes Eisen bzw. Eisenschwammbricketts (HBI) kontinuierlich über ein Bunkersystem in den Elektrolichtbogenofen (1) chargiert werden oder die Charge wird mit weniger Gewicht abgestochen, um ein zu starkes Absenken des Badspiegels (8) und somit den Schlackenmitlauf zu verhindern. Für die nächste oder übernächste Charge wird entsprechend mehr Schrott in den Schrottkorb geladen und chargiert. Im Fall eines Gewichtsüberschusses wird für die nächste oder übernächste Charge entsprechend weniger Schrott in den Schrottkorb geladen und chargiert.

[0031] Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet
 20 sich durch folgende Vorteile aus:

- Hohe Messgenauigkeit

[0032] Im Vergleich zur Messung mit Druck-Messdo-
 25 sen unter dem Ofengefäß (2) ist das erfindungsgemäße Verfahren genauer, denn die Badhöhe ist für schlackenfreien Abstich entscheidender als das Badgewicht, das bei gleicher Badhöhe je nach Verschleißzustand des Ofengefäßes (2) variiert.

- Geringerer Kostenaufwand

[0033] Das bekannte Verfahren der Badspiegelmes-
 35 sung im Ofengefäß (2) über Sauerstoff Lanze und Sonde ist kostenaufwendiger als das erfindungsgemäße Messverfahren. Dieses benutzt die bereits vorhandenen Daten und benötigt nur ein zusätzliches, konventionelles optisches Messgerät (14).

- Frühes Erkennen einer zu geringen Badmenge

[0034] Das erfindungsgemäße Verfahren bietet die
 45 Möglichkeit einer schnellen Messung des Badspiegels (8) bereits vor dem Abstich und gibt Informationen über die zulässige Abstichmenge für einen schlackenfreien Abstich, der für die Einstellung des gewünschten Reinheitsgrades entscheidend ist. Außerdem bietet es Entscheidungshilfe für das Schrottladen und Nachchargieren zur rechtzeitigen Korrektur der Badmenge.

- Keine zusätzlichen Nebenzeiten

[0035] Da die Messungen während der üblichen Be-
 50 triebsschritte durchgeführt werden, sind keine zusätzlichen Nebenzeiten erforderlich, die zu Produktionsverlust führen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen der Höhe (H_{bad}) des Badspiegels eines Elektrolichtbogenofens (1), der ein Ofengefäß (2) mit einer Schlackentür (13) und einen höhenverstellbaren Elektrodentragsarm (5) für mindestens eine Graphitelektrode (4) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe (H_{bad}) des Badspiegels (8) durch Differenzbildung der vorzugsweise außerhalb des Hochtemperaturbereiches des Elektrolichtbogenofens (1) direkt gemessenen Längen des Positionswertes ($H_{\text{arm,1}}$) des in Arbeitsstellung befindlichen Elektrodentragsarms (5) und der Länge (L_{gr}) der Graphitelektrode (4) und der indirekt ermittelten, mit einem Korrekturglied (c) korrigierten, Lichtbogenlänge ($L_{\text{arc}} - c$) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Länge (L_{arc}) des Lichtbogens (6) mit Hilfe elektrischer Parameter wie Spannung, Leistungsfaktor ($\cos \Phi$), Widerstand, Reaktanz und anderer Messgrößen während des Betriebs bestimmt wird.
3. Verfahren nach Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Bestimmung der Lichtbogenlänge (L_{arc}) ein empirisch ermitteltes Korrekturglied (c) für die Unebenheit des Badspiegels (8) und der Elektroden spitze berücksichtigt wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Länge (L_{gr}) der Graphitelektrode (4) bestimmt wird als Differenz der Positionswerte ($H_{\text{arm,2}}$) des angehobenen Elektrodentragsarms (5) und des Positionswertes (H_{gr}) eines optischen Positionsmessgerätes (14), mit dessen Hilfe die Spitze der angehobenen Graphitelektrode (4) durch die geöffnete Schlackentür (13) geortet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die optische Positionsmessung (14) der Spitze der Graphitelektrode (4) nach deren Anhebung im Anschluss an die Überhitzungsphase erfolgt.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Elektrodenverbrauch (ΔL_{gr}) aus dem beim Schmelzprozess gemessenen Verbrauch von elektrischer und chemischer Energie bestimmt wird.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Badspiegel (8) aus einer rechnerischen Verknüpfung der Längenabmessungen ($H_{\text{arm,1}}, H_{\text{arm,2}}, H_{\text{gr}}, L_{\text{arc}} - c$) bestimmt und mit dem aus der beim Schmel-

zen eingesetzten elektrischen und chemischen Energie errechneten Elektrodenverbrauch kontrolliert wird.

Claims

1. A process for determining the height (H_{bad}) of the melt level in an electric arc furnace (1) that comprises a furnace vessel (2) with a slag door (13) and a height-adjustable electrode carrying arm (5) for at least one graphite electrode (4),

characterized in that

the height (H_{bad}) of the melt level (8) is determined by forming the difference between the lengths of the position value ($H_{\text{arm},1}$) of the electrode carrying arm (5) in the operating position which are directly measured preferably outside the high-temperature region of the electric arc furnace (1) and the length (L_{gr}) of the graphite electrode (4) and the indirectly determined arc length ($L_{\text{arc-c}}$) that is corrected with a correction factor (c).

2. The process according to Claim 1,

characterized in that

the length (L_{arc}) of the arc (6) is determined during the operation with the aid of electrical parameters, e.g. voltage, power factor ($\cos \Phi$), resistance, reactance and other measuring variables.

3. The process according to Claim 1 or 2,

characterized in that

an empirically determined correction factor (c) for the unevenness of the melt level (8) and the electrode point is taken into account in determining the arc length (L_{arc}).

4. The process according to at least one of Claims 1-3, **characterized in that**

the length (L_{gr}) of the graphite electrode (4) is determined in the form of the difference between the position values ($H_{\text{arm},2}$) of the raised electrode carrying arm (5) and the position value (H_{gr}) of an optical position measuring device (14) that serves for determining the position of the point of the raised graphite electrode (4) through the opened slag door (13).

5. The process according to Claim 4,

characterized in that

the position of the point of the graphite electrode (4) is optically measured (14) once it is situated in the raised position after the superheating phase.

6. The process according to at least one of Claims 1-5, **characterized in that**

the electrode consumption (ΔL_{gr}) is determined from the measured consumption of electrical and

chemical energy during the melting process.

7. The process according to at least one of Claims 1-6, **characterized in that**

the melt level (8) is determined from a mathematical combination of the length dimensions ($H_{\text{arm},1}$, $H_{\text{arm},2}$, H_{gr} , $L_{\text{arc-c}}$) and controlled with the electrode consumption that is calculated from the electrical and chemical energy consumed during the melting process.

Revendications

1. Procédé pour déterminer la hauteur (H_{bad}) de surface du bain métallique dans un four électrique à arc (1), qui présente une carcasse de four (2) avec une porte de laitier (13) et un bras support d'électrode (5) réglable en hauteur pour au moins une électrode de graphite (4),

caractérisé en ce que

la hauteur (H_{bad}) de la surface du bain métallique est déterminée par soustraction des longueurs, directement mesurées de préférence à l'extérieur de la plage de hautes températures du four électrique à arc (1), de la valeur de position ($H_{\text{arm},1}$) du bras support d'électrode (5) se trouvant dans la position de travail et de la longueur (L_{gr}) de l'électrode de graphite (4) et de la longueur d'arc ($L_{\text{arc-c}}$), calculée indirectement et corrigée avec un élément de correction (c).

2. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

la longueur (L_{arc}) du four à arc (6) est déterminée à l'aide de paramètres électriques tels que tension, facteur de puissance ($\cos \Phi$), résistance, réactance et autres grandeurs de mesure pendant le service.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,

caractérisé en ce que,

pour le calcul de la longueur d'arc de lumière (L_{arc}), on tient compte d'un élément de correction (c) calculé de façon empirique pour l'inégalité de la surface du bain (8) et de la pointe d'électrode.

4. Procédé selon l'une quelconque ou plusieurs revendications 1 à 3,

caractérisé en ce que

la longueur (L_{gr}) de l'électrode de graphite (4) est déterminée en tant que différence des valeurs de position ($H_{\text{arm},2}$) du bras support d'électrode (5) soulevé et de la valeur de position (H_{gr}) d'un appareil de mesure optique de position (14), à l'aide duquel la pointe de l'électrode de graphite (4) soulevée est localisée par la porte de laitier (13) ouverte.

5. Procédé selon la revendication 4,

caractérisé en ce que

la mesure de position (14) optique de la pointe de l'électrode de graphite (4) s'effectue après son soulèvement à la suite de la phase de surchauffe.

5

6. Procédé selon l'une quelconque ou plusieurs des revendications 1 à 5,

caractérisé en ce que

la consommation d'électrode (ΔL_{gr}) est déterminée à partir de la consommation de l'énergie électrique et de l'énergie chimique qui est mesurée lors du processus de fusion.

10

7. Procédé selon l'une quelconque ou plusieurs des revendications 1 à 6,

15

caractérisé en ce que

le niveau du bain (8) est calculé à partir d'une combinaison mathématique des dimensions de longueur ($H_{arm,1}$, $H_{arm,2}$, H_{gr} , L_{arc-c}) et avec lequel on contrôle la consommation d'électrode calculée à partir de l'énergie électrique et de l'énergie chimique utilisées lors de la fusion.

20

25

30

35

40

45

50

55

