

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑳ Anmeldenummer: 82102770.3

⑤① Int. Cl.³: **H 05 B 7/085**, **H 05 B 7/101**,
H 05 B 7/12

㉑ Anmeldetag: 01.04.82

③① Priorität: 23.04.81 DE 3116258

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: 03.11.82
Patentblatt 82/44

④④ Benannte Vertragsstaaten: **AT BE CH DE FR IT LI LU NL SE**

⑦① Anmelder: **Arc Technologies Systems, Ltd., Box 61, Grand Cayman (KY)**

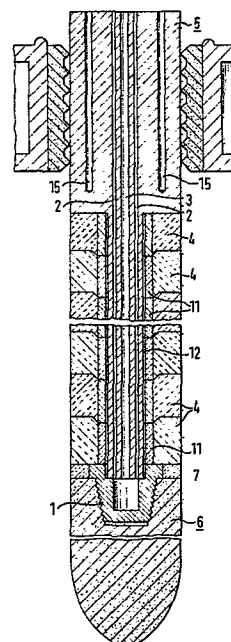
⑦② Erfinder: **Bauer, Hannsgeorg, Dr. Dipl.-Ing., Platanenweg 21, D-5810 Witten-Bommern (DE)**
Erfinder: **Zöllner, Dieter H., Dr. Dipl.-Chem., Händelstrasse 19, D-8501 Schwaig/b. Nürnberg (DE)**
Erfinder: **Lauterbach-Dammler, Inge, Dr. Dipl.-Chem., Peter-Vischer-Strasse 15, D-8500 Nürnberg (DE)**
Erfinder: **Schleber, Franz, Chem. Ing. grad., Finkengasse 94, D-8505 Röthenbach a.d. Pegnitz (DE)**
Erfinder: **Rittmann, Friedrich, Am Buck 18, D-8501 Rückersdorf (DE)**
Erfinder: **Lippert, Wolfgang, Dipl.-Chem., Ebersberger Strasse 4, D-8540 Schwabach (DE)**
Erfinder: **Otto, Josef, Dr. Dipl.-Ing., Am Wasserturm 5, D-5802 Wetter 4 (DE)**
Erfinder: **Mühlenbeck, Josef, Columbusstrasse 1, D-5802 Wetter 4 (DE)**

⑦④ Vertreter: **Füchle, Klaus, Dipl.-Ing. et al, Hoffmann . Eitle & Partner Patentanwälte Arabellastrasse 4, D-8000 München 81 (DE)**

⑤④ **Elektrode für Lichtbogenöfen und Verfahren zu deren Verwendung.**

⑤⑦ Es wird eine Elektrode für Lichtbogenöfen aus einem oberen Abschnitt (5) aus Metall und einem verzehrbaren unteren Abschnitt (6) aus Kohlenstoffmaterial, die eine im wesentlichen zylindrische Form aufweisen und durch einen Schraubnippel (1) oder dergleichen miteinander verbunden sind, beschrieben, wobei der obere Abschnitt eine Flüssigkeits-Kühleinrichtung mit einem Vorlauf (2) und einem Rücklauf (3) aufweist und der obere Abschnitt vorzugsweise in dessen unterem Bereich durch eine hochtemperaturfeste Beschichtung (4) geschützt sein kann, die dadurch gekennzeichnet ist, daß das Kohlenstoffmaterial nur zum Teil aus graphitischen Strukturelementen gebildet oder hiervon frei ist.

Die Elektrode besitzt eine bevorzugte Anwendung in Verfahren zur Erzeugung von Stahl.



EP 0 063 710 A1

Elektrode für Lichtbogenöfen und Verfahren zu deren
Verwendung

Die Erfindung betrifft eine Elektrode für Lichtbo-
genöfen aus einem oberen Abschnitt aus Metall und einem
verzehrbaren unteren Abschnitt aus Kohlenstoffmaterial,
die eine im wesentlichen zylindrische Form aufweisen
5 und durch einen Schraubnippel oder dergleichen miteinan-
der verbunden sind, wobei der obere Abschnitt eine
Flüssigkeits-Kühleinrichtung mit einem Vorlaufkanal und
einem Rücklaufkanal aufweist und der obere Abschnitt
vorzugsweise in dessen unterem Bereich durch eine hoch-
10 temperaturfeste Beschichtung geschützt sein kann, so-
wie Verfahren zu deren Verwendung.

15

Lichtbogenöfen zur Erzeugung von Elektrostahl, Kupfer,

- Korund, Kobalt, Silizium, etc., werden bisher mit Graphit-
elektroden als stromzuführenden Elementen betrieben.
Üblicherweise setzt sich ein Elektrodenstrang aus meh-
reren, miteinander durch Schraubverbindungen oder der-
5 gleichen verbundenden Graphiteinheiten zusammen. Häufig
werden drei Elektrodenstränge als stromführende Elemente
pro Ofen für diese elektrothermischen Hochtemperatur-
schmelzprozesse eingesetzt.
- 10 Es sind auch bereits Kombinationselektroden aus einem
Metallschaft, an denen durch eine Schraubverbindung, wie
Nippel, etc., eine Spitze aus Kohlenstoffmaterial ange-
fügt ist, für den Lichtbogenofenbetrieb beschrieben worden.
- 15 So sind in der DE-OS 15 65 751 Elektroden für elektrische
Lichtbogenöfen beschrieben worden, die aus einem obe-
ren metallischen Kopfstück, einem unteren metallischen
Kopfstück, aus beide miteinander verbindenden elektrischen
Leitern, aus einer diese Leiter und das untere Kopf-
20 stück einschliessenden keramischen Masse und aus einem
unteren Kopfstück auswechselbar befestigten Elektroden-
spitze bestehen.
- Eine flüssigkeitsgekühlte Elektrode ist auch aus der
25 DE-OS 28 45 367 bekannt, die einen am Elektrodenträgarm
befestigten zylindrischen Einspannteil, ein an diesem
befestigtes, den Elektrodenstrom führendes metallisches
Kühlsystem, das am freien Ende einen Gewindeteil zum
Aufschrauben der Elektrodenspitze trägt, und einen rohr-
30 förmigen Hitzeschirm, der das Kühlsystem in dem der
Ofenatmosphäre ausgesetzten Bereich mit Abstand und in

fester räumlicher Zuordnung zu diesem enthält, aufweist.

Aus der europäischen Patentoffenlegungsschrift 12 573 geht eine Kombinationselektrode hervor, bei der der
5 seitlich aussenliegende metallische Kontakt des Metall-
schaftes gegenüber dem innenliegenden metallischen Küh-
lungssystem isolierend gelagert ist. Im unteren Teil des
metallischen Kühlungsschaftes ist eine mit Haken gesicher-
te keramische Beschichtung vorgesehen, die sich bis etwa
10 auf die Höhe der Schraubnippelverbindung erstreckt, mit
der ein Kohlenstoffteil angefügt ist.

Derartige Kombinationselektroden sind im Prinzip be-
reits seit längerer Zeit bekannt, so z.B. aus der im
15 Jahre 1912 ausgegebenen DE-PS 268 660.

Kombinationselektroden sind im Lichtbogenofenbetrieb
starker Beanspruchung ausgesetzt. Dies erklärt sich aus
den hohen Arbeitstemperaturen, z.B. bei Elektrostahl-
20 erzeugung, bei der solche Elektroden am häufigsten ein-
gesetzt werden.

Wegen der hohen Temperaturen ergeben sich Verluste durch
Seitenoxidation des Kohlenstoffteils. Auch besteht die
25 Gefahr der Wanderung oder der seitlichen Ansetzung des
Lichtbogens, die im Störfall auch oberhalb des Koh-
lenstoffteils erfolgen kann und zu Kurzschlüssen führt.
Darüber hinaus sind die Elektroden unterschiedlichen Tem-
peraturen im Vorlauf und Rücklauf des Kühlmittels sowie
30 im Bereich des Kohlenstoffteils gegenüber der Stromzu-
führungs- und Kühlungseinheit unterworfen. Eine besonders

gefährdete Stelle stellt hierbei der Bereich des Schraubnippels dar.

Die Elektroden müssen aber auch mannigfachen mechanischen Beanspruchungen genügen, die beim Kippen des Ofens, durch Vibrationen - begünstigt durch zu grosses Spiel der Tragarme, durch Schrottversetzungen beim Einschmelzen, sowie beim Aufsetzen des Stranges auf isolierende Bestandteile beim Schrott unter anderem auftreten.

10

Dazu kommt, dass im Verlauf der letzten 10 bis 15 Jahre die Elektroden zur Verringerung der Schmelzzeiten steigender elektrischer (und damit auch thermischer) Belastung ausgesetzt sind. Durch die ständig zunehmenden Beanspruchungen an die Elektroden haben sich auch extreme Forderungen an die Qualität der Kohlenstoffstränge, seien es solche, die ausschliesslich aus Kohlenstoffmaterial bestehen, seien es solche die an einen gekühlten Metallschaft angenippelt sind, ergeben. Hierbei wurden die Anforderungen an Graphitteile im Hinblick auf deren Dichte, spezifischen elektrischen Widerstand, thermische Ausdehnung, Wärmeleitfähigkeit, Festigkeit und Elastizität sowie thermische Schockfestigkeit, laufend gesteigert. Dies hat nicht nur zu einer Intensivierung der Graphitierungsprozesse, die über längere Zeiträume bei höheren Temperaturen durchgeführt wurden, sondern auch zu zusätzlichen Nachverdichtungsvorgängen, etc., geführt. Der zur Erfüllung derartiger Anforderungen erforderliche sehr hohe Grad der Umwandlung in Graphit hat mit sich gebracht, dass hierfür lediglich petrochemische Nadelkokse hoher Qualität als Ausgangsstoffe herangezogen werden konnten. Die

15

20

25

30

Verwendung solcher teuren, aus petrochemischen Rohstoffen zugängigen Premiumkokse mit einem hohen Grad an struktureller Vororientierung bringt andere Schwierigkeiten mit sich. Diese liegen unter anderem darin, dass die Herstellung solcher Ausgangskokse aufgrund der be-
5 begrenzt verfügbaren, schwefelarmen Erdölvorkommen in ihrer Menge limitiert ist. Weiterhin muss in der Graphitierungsstufe des Herstellungsprozesses der Elektroden-
teile ein erhebliches Mass an elektrischer Energie zum Erreichen der weitgehenden Graphitierung aufgewandt wer-
10 den. Schliesslich ergeben sich im Übergangsbereich zwischen gekühltem Metallschaft und hieran angefügtem Graphitteil durch eine Temperaturdifferenz in der Grössenordnung von 500 K oder mehr, unterschiedliche thermi-
15 sche Ausdehnungen und elektrische Überlastungen des Nippelbereiches.

20 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Elektroden für den Lichtbogenofenbetrieb zu schaffen, die den dort herrschenden erheblichen mechanischen, thermischen und elektrischen Beanspruchungen in besonders geeigneter Weise gewachsen sind. Hierbei soll durch Abstimmung von
25 gekühltem Metallschaft und Kohlenstoffteil aufeinander, eine für den Praxisbetrieb besonders geeignete Elektrode zur Verfügung gestellt werden, deren Herstellung bzw. Betrieb in wirtschaftlicherer Weise als bislang erfolgen
kann.

30

Diese Aufgabe wird durch die Schaffung einer Elektrode für Lichtbogenöfen der eingangs genannten Art gelöst, die dadurch gekennzeichnet ist, dass das Kohlenstoffmaterial nur zum Teil aus graphitischen Strukturelementen gebildet oder hiervon frei ist.

Die Erfindung baut mit auf der überraschenden Feststellung auf, dass sich bei Einsatz von Kohlenstoffmaterialien geringerwertiger Qualität, als sie bislang für den Lichtbogenofenbetrieb als unabdingbar erachtet worden ist, gleichwohl ein gutes Praxisverhalten bei Kombinationselektroden ergibt. Insbesondere hat es sich herausgestellt, dass bei Einsatz von Kohlenstoffmaterial, das nur zum Teil aus graphitischen Strukturelementen gebildet oder hiervon völlig oder nahezu frei ist, die befürchtete Rissbildung oder Abplatzungen nicht auftreten.

Das Kohlenstoffmaterial ist bei der erfindungsgemässen Elektrode über einen an sich bekannten Schraubnippel, der z.B. aus Graphit oder auch aus Metall bestehen und auch gekühlt sein kann, mit dem Metallschaft verbunden. Der Metallschaft, der auch als Stromzuführung zu dem Kohlenstoffteil angesehen werden kann, besteht im allgemeinen aus einem hochleitfähigen Metall, z.B. Kupfer. In dem Metallschaft ist ein Flüssigkeitskühlsystem vorgesehen, das einen Vorlauf- und Rücklaufkanal aufweisen kann, der gegebenenfalls auch zumindest einen Teil des Schraubnippels äusserlich oder auch innerlich zu kühlen

vermag. Derartige Konstruktionen des Metallschaftes, der zumindest teilweise durch eine hochtemperaturfeste Beschichtung äusserlich geschützt sein kann, sind bekannt.

5

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Länge und der Durchmesser des unteren Abschnittes aus Kohlenstoffmaterial derart gewählt, dass im Vergleich zu Elektrodensträngen gleicher oder entsprechender Gesamtdimensionierung, die ausschliesslich aus graphitischem Kohlenstoffmaterial bestehen, eine zumindest gleiche elektrische Belastbarkeit gegeben ist.

Bei der erfindungsgemässen Elektrode ist die Dimensionierung des oberen Abschnittes aus Metall und des unteren Abschnittes aus Kohlenstoffmaterial derart aufeinander abgestimmt, dass der Metallschaft zumindest mit einem Teil in den Lichtbogenofen selbst regelmässig eingeführt ist. Bei Versuchen hat sich gezeigt, dass vorteilhaft der Kohlenstoffteil eine Ausgangslänge von ca. 2 bis 3 m bei Gesamtelektrodenausgangslängen von ca. 5,5 bis 8 m, vorzugsweise 6 bis 7 m, aufweist.

Der Anteil an graphitischen Strukturelementen innerhalb des unteren Abschnittes aus Kohlenstoffmaterial kann im Bereich von 0 bis 90 Gew.% liegen. Dabei hat es sich als besonders günstig herausgestellt, wenn der Anteil an graphitischen Strukturelementen im Bereich von 50 bis 85 Gew.%, besonders bevorzugt aber 60 bis 80 Gew.%, bezogen auf das Gewicht des Kohlenstoffmaterials, beträgt.

30

Als "graphitische Strukturelemente" im Rahmen der Erfindung sollen im wesentlichen Naturgraphit oder Elektrographit oder ein Gemisch hiervon verstanden werden. Als Elektrographit kann beispielsweise Abfallgraphit, z.B. aus der synthetischen Graphiterzeugung, herangezogen werden.

Die "nichtgraphitischen" Strukturanteile des Kohlenstoffmaterials bestehen aus Anthrazit, Zechenkoks und/oder Normalpetrolkoks, wobei im Rahmen der Erfindung der untere Abschnitt auch vollständig aus diesen Materialien oder Gemischen hiervon bestehen kann. Wie vorstehend bereits dargelegt worden ist, hat es sich als günstig erwiesen, wenn in dem unteren Abschnitt das Kohlenstoffmaterial im Bereich von 0 bis 90 Gew.%, vorzugsweise 50 bis 85 Gew.%, besonders bevorzugt aber 60 bis 80 Gew.%, aus Elektrographit bzw. Naturgraphit oder einem Gemisch hiervon und der Rest aus Anthrazit, Zechenkoks und/oder Normalpetrolkoks gebildet ist.

Nachstehend werden einige typische Daten für die Qualitäten von Ausgangsmaterialien angegeben, aus denen der untere Abschnitt teilweise oder vollständig bestehen kann:

25

30

Daten für Elektrodenqualitäten

	Kohle			Hartgraphit	Naturgraphit
spezifischer elektr. Widerstand	$\Omega\text{mm}^2/\text{m}$	45 ... 60	20 ... 30	9 ... 13	
Druckfestigkeit	N/mm ²	30 ... 50	20 ... 30	20 ... 30	
Biegefestigkeit	N/mm ²	8 ... 11	6 ... 12	9 ... 13	
Rohdichte	g/cm ³	1,52 ... 1,60	1,52 ... 1,60	1,50 ... 1,65	
Porosität	%	14 ... 16	20 ... 24	13 ... 20	
thermischer Ausdehnungskoeffizient (20 ... 500°C)	1/K	4,3 ... $6,0 \cdot 10^{-6}$	4,3 ... $6,0 \cdot 10^{-6}$	---	
Wärmeleitfähigkeit	W/mk	6 ... 12	6 ... 12	2 ... 8	

Der untere Abschnitt der erfindungsgemässen Elektrode kann auf an sich bekannte Weise hergestellt werden. Hierunter sind insbesondere aber die Herstellung durch Vibration oder durch Strangpressung hervorzuheben. Derartige Verfahren sind bekannt.

Das als unterer Abschnitt in der erfindungsgemässen Elektrode verwendete Kohlenstoffmaterial weist besonders vorteilhaft einen spezifischen elektrischen Widerstand im Bereich von 10 bis 30 $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ auf. Durch Versuche konnte jedoch ein besonders günstiges Betriebsverhalten der Elektroden festgestellt werden, deren Kohlenstoffmaterial einen spezifischen elektrischen Widerstand im Bereich von 10 bis 20 $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ und insbesondere 13 bis 20 $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ aufwies.

Der Durchmesser des unteren Abschnittes liegt im allgemeinen im Bereich von ca. 200 bis 600 mm. Besonders günstige Ergebnisse wurden mit Durchmessern des unteren Abschnittes im Bereich von ca. 300 bis 400 mm erzielt. Der Durchmesser des oberen Abschnittes aus Metall kann gegenüber dem Durchmesser des unteren Abschnittes grösser, aber auch geringer gewählt sein.

Die Rohdichte des Kohlenstoffmaterials des unteren Abschnittes liegt besonders bevorzugt im Bereich zwischen 1,50 und 1,65 g/cm^3 .

Eine im Rahmen der Erfindung besonders günstige Elektrode, bei der der obere Abschnitt aus Metall etwa die Hälfte der Gesamtlänge der Elektrode oder mehr ausmacht,

besitzt einen Kohlenstoffteil mit ca. 50 bis 85 % an graphitischen Strukturelementen aus Naturgraphit und/oder Elektrographit, wobei die nichtgraphitischen Strukturanteile aus Anthrazit, Zechenkoks und/oder Normalpetrolkoks bestehen, wobei der spezifische elektrische Widerstand des unteren Abschnittes im Bereich von 10 bis 20 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ bei einer Rohdichte im Bereich zwischen 1,50 und 1,65 g/cm^3 liegt.

10 Die erfindungsgemässen Elektroden zeichnen sich durch günstiges Betriebsverhalten bei störungsfreiem Betrieb aus. Die Kohlenstoffmaterialien des unteren Abschnittes lassen sich gegenüber den herkömmlich eingesetzten Vollgraphitelektroden aus billigeren Rohstoffen durch
15 einfachere Herstellungsverfahren erzeugen. Daher wird bei gleicher elektrischer Belastbarkeit eine Verbilligung des Elektrodenbetriebes ermöglicht.

Obwohl gegenüber den herkömmlich eingesetzten, hochwertigen Graphitqualitäten ein Kohlenstoffmaterial geringerer Qualität Einsatz findet, werden Abplatzungen, Rissbildung auch im Übergangsbereich zwischen oberem und unterem Abschnitt im wesentlichen nicht beobachtet. Dabei hat sich die Verwendung von Nippeln aus Hochqualitätsgraphit mit einer gegenüber dem Kohlenstoffmaterial des
25 unteren Abschnittes erhöhten Dichte und gleichzeitig vermindertem elektrischen Widerstand besonders bewährt.

Die erfindungsgemässe Elektrode hat ihre bevorzugte
30 Anwendung zur Herstellung von Stahl im Lichtbogenofenbetrieb. Sie kann aber auch zur Herstellung von Buntmetallen, wie Kupfer oder Kobalt, aber auch zur Herstellung

von Korund, Silizium, etc., eingesetzt werden.

Bei der Herstellung von Elektrostahl werden die erfindungsgemässen Kombinationselektroden bei Durchmes-
5 sern des unteren Abschnittes aus Kohlenstoffmaterial im Bereich von 300 bis 400 mm vorzugsweise mit maximalen Phasenströmen im Bereich von 10 bis 30 KA mit besonderem Vorteil eingesetzt.

10 Nachstehend wird eine Ausführungsform einer erfindungsgemässen Elektrode im Längsschnitt in der Figur gezeigt, wobei die Erfindung nicht hierauf beschränkt ist.

Bei der gezeigten Elektrode wird das Kühlmedium, im
15 Regelfall Wasser, durch den Vorlaufkanal 2 ein- und durch den Rücklaufkanal 3 zurückgeführt. Dabei tritt das Kühlmedium auch in eine Kammer innerhalb des Schraubnippels 1, der z.B. aus Gusseisen gebildet ist, ein. Der obere Abschnitt 5 aus Metall besteht hier
20 aus einem oberen Bereich grösseren Durchmessers und einem tieferliegenden Bereich geringeren Durchmessers, der bis in den Schraubnippel 1 eingezogen ist, der die Verbindung zu dem unteren Abschnitt 6 aus Kohlenstoffmaterial darstellt, das nur zum Teil aus graphitischen
25 Strukturelementen gebildet ist oder hiervon frei ist. Die hochtemperaturfeste Beschichtung 4 ist aus einer Anzahl einzelner Formteile gebildet, die auf einem Lager 7 getragen sein können. An die hochtemperaturfeste Isolierung 4 schliesst sich hier eine elektrisch leitende
30 Zwischenschicht 11 an, die nach innen durch den vorgezogenen, innenliegenden Metallschaft bzw. dessen Abschnitt geringeren Durchmessers 12 begrenzt ist.

Neben den Kühlbohrungen 15 können zusätzliche Bohrungen vorgesehen sein, durch die eingeführte Stifte über eine Feder für einen guten Sitz der hochtemperaturfesten Formteile sorgen.

5

In der Figur sind schliesslich Backen 18 gezeigt, über die der Strom der Elektrode zugeführt wird.

Der Gegenstand der Erfindung ist jedoch nicht auf die in der Figur gezeigte Konstruktion beschränkt. So sind z.B. im Rahmen der Erfindung Konstruktionen besonders vorteilhaft, die Abweichungen zu dem in der Figur gezeigten Elektrodentyp aufweisen. Bei solchen Elektroden, die im Rahmen der Erfindung bevorzugt sind, weist der Metallschaft einen im wesentlichen konstanten Durchmesser auf. Auf diesen können Ringe aus hochtemperaturfestem Material - mit Vorzug solche aus Graphit - aufgeschraubt werden. Das Kühlsystem kann hierbei mit Vorzug derart ausgebildet sein, dass der Nippel in seinem oberen äusseren Bereich durch das Kühlmedium umströmt wird, dieses aber in den Nippel selbst nicht eintritt. Eine elektrisch leitende Zwischenschicht ist bei solchen Konstruktionen nicht immer vorgesehen. Solche und andersartige Ausführungsformen der erfindungsgemässen Elektrode sind im Rahmen der Erfindung mit eingeschlossen, soweit das Kohlenstoffmaterial des verzehrbaren unteren Abschnittes nur zum Teil aus graphitischen Strukturelementen gebildet oder hiervon frei ist.

Der Einsatz einer erfindungsgemässen Elektrode wird im nachstehenden Beispiel beschrieben.

BEISPIEL:

- Es wurde eine Kombinationselektrode aus einem wasser-
gekühlten Kupferschaft eingesetzt, der durch ein Kühl-
5 system aus Vor- und Rücklauf mit Wasser gekühlt wurde.
Der Kupferschaft war im Bereich des Ofens durch einen
hochtemperaturbeständigen Belag geschützt. Der Kupfer-
schaft war über einen Graphitnippel mit dem Kohlen-
stoffmaterial verschraubt, das im wesentlichen aus Ab-
10 fallgraphit aus der synthetischen Graphiterzeugung
bestand. Das Kohlenstoffmaterial wies eine Rohdichte
von $1,62 \text{ g/cm}^3$ und einen spezifischen elektrischen Wider-
stand von $18,5 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ auf.
- 15 Drei derartige Elektroden wurden in einem Ofen mit 50 t
Fassungsvermögen und drei Phasen mit einem maximalen
Phasenstrom von 50.000 A bei einer Betriebsspannung von
490 V eingesetzt.
- 20 Es ergab sich ein spezifischer Elektrodenverbrauch im
Bereich von 4,8 kg/t Stahl, bei im wesentlichen störungs-
freiem Betrieb.
- 25
- 30

PATENTANSPRÜCHE:

1. Elektrode für Lichtbogenöfen aus einem oberen Abschnitt aus Metall und einem verzehrbaren unteren Abschnitt aus Kohlenstoffmaterial, die eine im wesentlichen zylindrische Form aufweisen und durch einen Schraubnippel oder dergleichen miteinander verbunden sind, wobei der obere Abschnitt eine Flüssigkeits-Kühleinrichtung mit einem Vorlaufkanal und einem Rücklaufkanal aufweist und der obere Abschnitt vorzugsweise in dessen unterem Bereich durch eine hochtemperaturfeste Beschichtung geschützt sein kann, dadurch gekennzeichnet, dass das Kohlenstoffmaterial nur zum Teil aus graphitischen Strukturelementen gebildet oder hiervon frei ist.
2. Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge und der Durchmesser des unteren Abschnittes derart gewählt sind, dass im Vergleich zu Elektrodensträngen gleicher oder entsprechender Gesamtdimensionierung, die ausschliesslich aus graphitischem Kohlenstoffmaterial bestehen, eine zumindest gleiche elektrische Belastbarkeit gegeben ist.
3. Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil an graphitischen Strukturelementen 0 bis 90 Gew.% beträgt.
4. Elektrode nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, .

dass der Anteil an graphitischen Strukturelementen 50 bis 85 Gew.% beträgt.

- 5 5. Elektrode nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die graphitischen Strukturelemente aus Naturgraphit und/oder Elektrographit bestehen.
- 10 6. Elektrode nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die nichtgraphitischen Strukturanteile aus Anthrazit, Zechenkoks und/oder Normalpetrolkoks gebildet sind.
- 15 7. Elektrode nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der untere Abschnitt vollständig aus Anthrazit, Zechenkoks und/oder Normalpetrolkoks gebildet ist.
- 20 8. Elektrode nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der untere Abschnitt durch Vibration oder Strangpressung erzeugt ist.
- 25 9. Elektrode nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der spezifische elektrische Widerstand des unteren Abschnittes im Bereich von 10 bis 30 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ liegt.
- 30 10. Elektrode nach einem oder mehreren der vorhergehenden

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der spezifische elektrische Widerstand des unteren Abschnittes im Bereich von 10 bis 20 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ liegt.

5

11. Elektrode nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser des unteren Abschnittes im Bereich von ca. 200 bis 800 mm liegt.

10

12. Elektrode nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser des unteren Abschnittes im Bereich von ca. 300 bis 400 mm liegt.

15

13. Elektrode nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser des unteren Abschnittes geringer als der des oberen Abschnittes aus Metall ist.

20

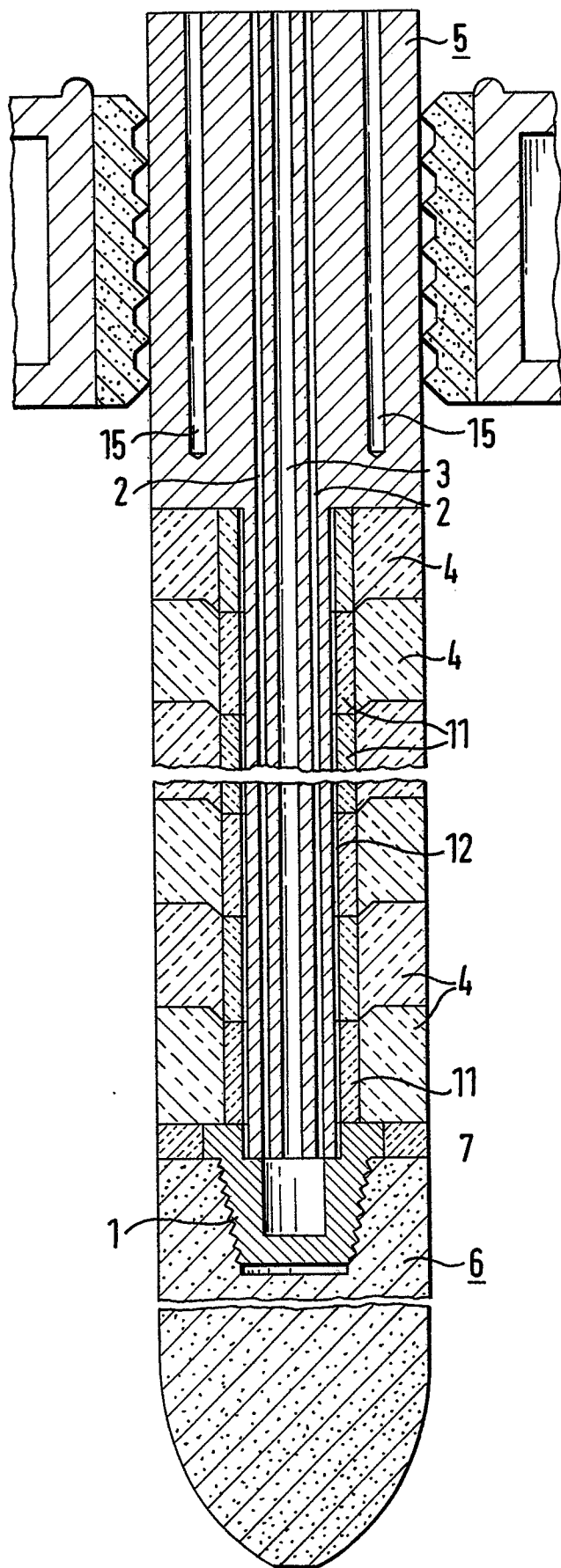
14. Elektrode nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohdichte im Bereich zwischen 1,50 und 1,65 g/cm^3 liegt.

25

15. Verfahren zur Erzeugung von Stahl im Lichtbogenofenbetrieb unter Verwendung von Elektroden nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche.

30

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass man bei Elektrodendurchmessern von ca. 300 bis 400 mm maximale Phasenströme von 10 bis 30 KA einsetzt.





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
A	FR - A - 2 176 546 (IRSID) * Seite 3; Seite 4, Zeilen 1-18; Fig. 1,2 * --	1,5,15	H 05 B 7/085 H 05 B 7/101 H 05 B 7/12
A	DE - A1 - 2 918 757 (THE STEEL COMPANY) * Seiten 8-11; Fig. 1,2 * --	1,5,13,15	
D,A	EP - A1 - 0 012 573 (BRITISH STEEL) --		
A	US - A - 4 256 918 (SCHWABE) & DE-A1-2 725 537 --		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.) H 05 B 7/00
D,A	DE - A - 1 565 751 (ÖSTBERG) --		
D,A	DE - A1 - 2 845 367 (KOPF) --		
D,A	DE - C - 268 660 (KRUPP) -----		
			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: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument
			&: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
X	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.		
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
WIEN	30-06-1982	TSILIDIS	