

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Veröffentlicht nach Art. 158 Abs. 3 EPÜ

21 Anmeldenummer: 86906036.8

51 Int. Cl.³: **H 05 B 11/00**

22 Anmeldetag: 04.07.86

Daten der zugrundeliegenden internationalen Anmeldung:

86 Internationale Anmeldenummer:
PCT/SU86/00070

87 Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO88/00426 (14.01.88 88/02)

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.07.88 Patentblatt 88/28

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT DE GB IT SE

71 Anmelder: VSESOJUZYNY
NAUCHNO-ISSEDOVATELSKY
PROEKTNO-KONSTRUKTORSKY I TEKHNOLOGICHESKY
INSTITUT ELEKTROTERMICHESKOGO OBOURODOVANIA
'VNIIE TO' ul. Nizhegorodskaya, 29
Moscow 109052(SU)

72 Erfinder: FOMIN, Nikolai Ivanovich
ul. Tashkentskaya, 4-2-83
Moscow, 109444(SU)

72 Erfinder: CHAIKIN, Mikhail Petrovich
ul. Isakovskogo, 8-1-154
Moscow, 123181(SU)

72 Erfinder: MALINOVSKY, Vladimir Sergeevich
pr. Vernadskogo, 9-542
Moscow, 117311(SU)

74 Vertreter: Patentanwälte Beetz sen. - Beetz jun. Timpe -
Siegfried - Schmitt-Fumian- Mayr
Steinsdorfstrasse 10
D-8000 München 22(DE)

54 PLASMA-INDUKTIONSOFFEN.

57 Der Plasmainduktionsofen enthält einen Induktor 1 mit einem darin angeordneten Schmelztiegel 2, dessen Seitenwand durch aus einem stromleitenden Werkstoff bestehende und elektisch gegeneinander isolierte, senkrecht angeordnete Sektionen 3 gebildet ist. Es ist auch ein Lichtbogenplasmatron 7 vorgesehen, an dessen Stromkreis, der über die Schmelze 4 geschlossen wird, wenigstens eine der Sektionen 3 des Tiegels 2 in Reihe so angeschlossen ist, dass die Stromrichtung im Lichtbogen 10 des Plasmatron 7 mit der Stromrichtung in der Sektion 3 des Tiegels 2 zusammenfällt oder dieser entgegengesetzt ist.

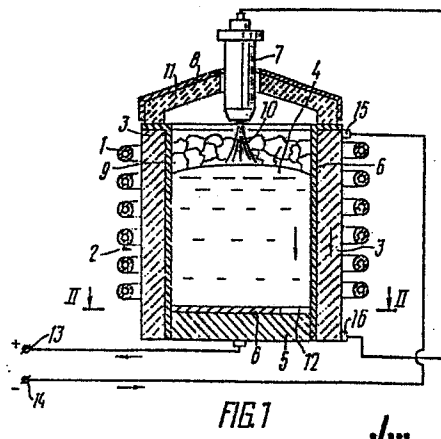
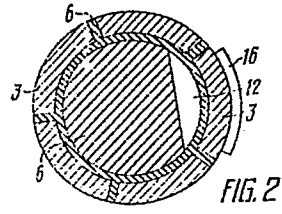


FIG. 1



PLASMAINDUKTIONSOFEN

Gebiet der Technik

Die Erfindung bezieht sich auf ein Gebiet der Elektrotechnik und betrifft insbesondere elektrische Heizeinrichtungen, und zwar einen Plasmainduktionsofen.

Zugrundeliegender Stand der Technik

Die Leistung verschiedener Schmelzöfen und die Güte des zu erzeugenden Metalls oder der Legierung sind von der Bewegungsart und -intensität der Schmelze im Schmelztiegel bedeutend abhängig.

Jeder der technologischen Vorgängen beim Schmelzen eines Metalls oder einer Legierung wie Herunterschmelzen der Charge, Überhitzung des gesamten Schmelzvolumens, Temperatúrausgleich im Gesamtvolumen der Schmelze, Gewinnung einer homogenen ihrer Zusammensetzung nach Schmelze sowie Diffusionsvorgänge sowohl in der Schmelze selbst, als auch an der Grenze "Schmelze-Schlacke", "Atmosphäre-Schmelze" werden durch die zwangsläufige Mischung intensiviert, wodurch die Produktivität des Prozesses im ganzen letzten Endes beträchtlich gesteigert wird.

Es sind Induktionsschmelzöfen weitgehend bekannt, die einen Induktor mit einem darin angeordneten Schmelztiegel enthalten, der mit einem feuerfesten Futter ausgekleidet ist. Sie sorgen für eine kontaktlose Energiezufuhr an den im Tiegel befindlichen Einsatz, d.h. Charge, Schmelze oder Charge-Schmelze-Gemisch. Der Einsatz wird mit Hilfe des elektromagnetischen Feldes des Induktors durchgemischt.

In bei normaler Frequenz (50 bis 60 Hz) betriebenen Induktionsschmelzöfen ist die Geschwindigkeit der Schmelze hoch, wodurch ein wirksames Schmelzen des festen Einsatzes und die Homogenisierung der Schmelze gewährleistet werden. Dabei sind jedoch ein verstärkter Verschleiss des Tiegelfutters und eine erhöhte Oxydation der Schmelze zu verzeichnen, was zur Verunreinigung des Metalls mit Einschlüssen verschiedener Art führt. Dabei ist ein Metallauswurf aus dem Tiegel möglich. Solche Induktionsöfen

haben daher eine Begrenzung in bezug auf die zuzuführende spezifische Leistung innerhalb 300 bis 400 kW/t.

In bei einer erhöhten Frequenz (150 bis 10000 Hz) betriebenen Öfen kann die zuzuführende spezifische Leistung
5 vergrößert werden, aber die Bewegungsgeschwindigkeit der Schmelze ist in diesen Öfen bedeutend niedriger.

Bekanntlich erfolgt die natürliche Zirkulation in Induktionsschmelzöfen, bei denen der Induktor an eine einphasige Speisequelle angeschlossen ist, in zwei Kreis-
10 läufen, die in Vertikalebene, im Ober- und Unterteil des Tiegels liegen, in jedem von denen die Schmelze des Einsatzes getrennt zirkuliert, indem eine Vermischung schwach vor sich geht. Eine solche Zirkulationsart in In-
15 duktionsöfen führt zur Entstehung eines konvexen Meniskus an der Schmelzenoberfläche, wodurch die erforderliche Menge Schlacke vergrößert wird, die zu den Wandungen des Tiegels herunterrollt, dessen Futter zerstört und die Schmelze verunreinigt.

Ausserdem führt die Vergrößerung der Schlackenmenge
20 zur Herabsetzung der Raffinierfähigkeit der Schmelze, da die Schlacke durch den Wärmeübergang von der Schmelze erhitzt wird.

Um das elektrodynamische Vermischen der Schmelze in Induktionsschmelzöfen verbessern zu können, werden Ein-
25 richtungen verwendet, in denen mit Hilfe eines Lauffeldes, das ein Mischen des Einsatzes auf der ganzen Tiegelhöhe unter Verkleinerung des Meniskus gewährleistet, die Zirkulation des Einsatzes in einem Kreislauf erzeugt wird (A.E.Slukhotsky, V.S.Nemkov, N.A.Pavlov, A.V.Bamune,
30 Ustanovka induktsionnogo nagreva. Energoizdat, Leningradskoe otdelenie/ Induktionserwärmungsanlage, Verlag Energoizdat, Leningrader Abteilung/, 1981, S.246 bis 247).

Die Erhitzung und Durchmischung des Einsatzes können sowohl gleichzeitig, als auch abwechselnd erfolgen. Im
35 ersten Fall werden getrennte Induktoren verwendet: ein einphasiger Induktor zur Erhitzung und ein dreiphasiger Induktor zur Durchmischung, die mit Elektrofaltern zum Schutz der Speisequelle gegen Eindringen eine Frequenz

- 3 -

in die andere ausgerüstet sind. Im zweiten Fall hat der Ofen einen unterteilten Induktor, der abwechselnd an verschiedene Speisequellen angeschlossen wird. Bei einer beträchtlichen Komplizierung der Speiseschaltung des Induktionsschmelzofens werden jedoch nur zwei Zirkulationsarten erzeugt: in zwei Kreisläufen - beim Anschluss des Induktors an eine einphasige Speisequelle, in einem Kreislauf - bei seinem Anschluss an eine dreiphasige Speisequelle.

10 Es sind Plasmoinduktionsöfen bekannt, die einen Induktor mit einem darin angeordneten Schmelztiegel und ein Lichtbogenplasmatron enthalten, dessen Stromkreis über die Schmelze geschlossen wird. Im Vergleich zu den Induktionsschmelzöfen gestatten diese Öfen es, auf Grund
15 der Vereinigung der örtlichen und der räumlichen Erhitzung des Einsatzes die Produktivität des Prozesses der Er-schmelzung von Metallen und Legierungen wesentlich beispielsweise um das Doppelte zu steigern. Durch Erhitzen der Schlacken mit Hilfe des Plasmalichtbogens des Licht-
20 bogenplasmatrons wird die Güte der zu erzeugenden Metalle und Legierungen auf Grund der Durchführung einer tiefgehenden Raffination der Schmelze zum Entfernen nichtmetallischer Einschlüsse und schädlicher Begleitstoffe verbessert.

Dank der Verwendung des Plasmatrons kann die Schmelze
25 sowohl mit inerten, als auch aktiven plasmabildenden Gasen behandelt werden. Wie der Durchmischungsvorgang des Einsatzes in Plasmainduktionsöfen veranstaltet ist, ist daher von besonderer Bedeutung für die Leistungssteigerung der Öfen und die Güteverbesserung der durch Schmelzen zu gewinnenden
30 Metalle und Legierungen.

Es ist ebenfalls ein Plasmainduktionsofen bekannt, der einen Induktor mit einem darin angeordneten Schmelztiegel, dessen Seitenwand zylinderförmig ausgebildet ist, und ein Lichtbogenplasmatron enthält, dessen Stromkreis über die
35 im Tiegel befindliche Schmelze geschlossen wird (S. Asada. Dvukhtonnaya plazmenno-induktsionnaya pech na zavode g. Sibukava/ 2 t - Plasmainduktionsofen im Werk der Stadt

Sibukava/, "Denki seiko", Band 47, Nr. T, 1976, S. 60 bis 63). Die Innenfläche des Tiegels besteht aus einem Elektroisoliermaterial, u.z. ist mit einem Magnesitfutter versehen und sorgt für die elektrische Isolation des Plasmatronstromkreises gegen den Induktorstromkreis.

Im Boden des Schmelztiegels ist eine Bodenelektrode zum Schliessen des Plasmatronstromkreises angeordnet. Der Induktor ist an eine einphasige Speisequelle mit 150 Hz Ausgangsfrequenz angeschlossen. Zum Durchmischen der Schmelze im gesamten Volumen des Tiegels ist ein Dreiphasensystem für die elektromagnetische Durchmischung vorgesehen, das drei Induktoren enthält, jeder von denen an eine Phase einer dreiphasigen Speisequelle mit 60 Hz Frequenz angeschlossen ist. Durch dieses System kann die Zirkulation der Schmelze in zwei Kreisläufen auf die Zirkulation in einem Kreislauf und umgekehrt geändert werden. Die Richtung der Zirkulation in einem Kreislauf kann durch entsprechende Umschaltungen in der Speiseschaltung geändert werden.

Durch solch eine konstruktive Ausführung des Plasma-induktionsofens wird die Bauart des Ofens wesentlich kompliziert, werden die Aussenabmessungen vergrössert, die Kosten gesteigert, wird die maximale Leistungsaufnahme beim Herunterschmelzen des Einsatzes gesenkt.

Mit diesem System zum Durchmischen der Schmelze kann eine andere, für andere technologische Vorgänge beim Er-schmelzen von Metallen und Legierungen erforderliche Zirku-lationsart der Schmelze nicht erzeugt werden. Zum Ent-schlacken und Schlakkemachen ist z.B. eine gerichtete Be-wegung der Schmelze an ihrem Spiegel in Richtung zu der Abflussöffnung hin erforderlich, besonders bei Vorgängen mit mehrfachem Schlakkemachen. Bei solch einem Ofen kann ausserdem die Intensität und die Art der Zirkulation, z.B. von der horizontalen auf die vertikale stufenlos nicht geändert werden.

Offenbarung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen

- 5 -

Plasmainduktionsofen mit einer solchen konstruktiven Ausführung des Tiegels und einer solchen elektrischen Koppelung des Tiegels mit einem Plasmatron zu schaffen, durch die eine vorgegebene Zirkulationsart der Schmelze im Tiegel je nach dem technologischen Vorgang beim Schmelzprozess erzeugt und somit die Leistung des Plasmainduktionsofens gesteigert werden können.

Die gestellte Aufgabe wird dadurch gelöst, dass bei einem Plasmainduktionsofen, der einen Induktor mit einem darin angeordneten Schmelztiegel, dessen Seitenwand zylinderförmig ausgebildet ist, und ein Lichtbogenplasmatron enthält, dessen Stromkreis über die im Tiegel befindliche Schmelze geschlossen wird, erfindungsgemäss die Seitenwand des Tiegels durch senkrecht angeordnete Sektionen gebildet ist, die aus einem stromleitenden Werkstoff bestehen und elektrisch gegeneinander isoliert sind, wobei wenigstens eine von denen in den Plasmatronstromkreis in Reihe so geschaltet ist, dass die Stromrichtung im Plasmatronlichtbogen mit der Stromrichtung in der Tiegelsektion zusammenfällt oder dieser entgegengesetzt ist.

Durch solch eine konstruktive Ausführung des Tiegels des Plasmainduktionsofens kann eine vorgegebene Zirkulationsart der Schmelze je nach der technologischen Verfahrensstufe beim Erschmelzen von Metallen und Legierungen auf Grund der elektromagnetischen Wechselwirkung von durch den Induktorstrom und den Strom in den Sektionen des Schmelztiegels erzeugten Feldern mit in der Schmelze fliessenden Strömen geschaffen werden. Die erfindungsgemässe konstruktive Ausführung des Tiegels gestattet es also im Plasmainduktionsofen eine beliebige, je nach der technologischen Verfahrensstufe beim Erschmelzen von Metallen oder Legierungen erforderliche Zirkulationsart der Schmelze zu erzeugen, ohne dass der Aufbau des Ofens wesentlich kompliziert werden muss.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Nachstehend wird die Erfindung an Hand konkreter Ausführungsbeispiele und der beigelegten Zeichnungen

näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung einen erfindungs-
gemässen Plasmainduktionsofen, bei dem eine Tiegelsektion
an den Plasmatronstromkreis so angeschlossen ist, dass
5 die Richtungen der im Plasmatronlichtbogen und in der
Tiegelsektion fliessenden Ströme zusammenfallen (teil-
weiser Längsschnitt);

Fig. 2 einen Schnitt gemäss der Linie II-II in Fig. 1,
nach der Erfindung;

10 Fig. 3 in schematischer Darstellung einen erfindungs-
gemässen Plasmainduktionsofen, bei dem eine Tiegelsektion
an den Plasmatronstromkreis so angeschlossen ist, dass die
Richtungen des im Plasmatronlichtbogen und in der Tiegel-
sektion fliessenden Ströme einander entgegengesetzt sind
15 (teilweiser Längsschnitt);

Fig. 4 in schematischer Darstellung einen erfindungs-
gemässen Plasmainduktionsofen, bei dem sechs Tiegelsektio-
nen an den Plasmatronstromkreis so angeschlossen sind, dass
die Richtungen der im Plasmatronlichtbogen und in den Tiegel-
20 sektionen fliessenden Ströme einander entgegengesetzt sind
(teilweiser Längsschnitt);

Fig. 5 einen Schnitt gemäss der Linie V-V in Fig. 4,
nach der Erfindung;

Fig. 6 in schematischer Darstellung einen erfindungsge-
25 mässen Plasmainduktionsofen, bei dem sämtliche Tiegelsek-
tionen an den Plasmatronstromkreis so angeschlossen sind,
dass die Richtungen der im Plasmatronlichtbogen und in den
Tiegelsektionen fliessenden Ströme zusammenfallen (teil-
weiser Längsschnitt);

30 Fig. 7 eine Kennlinie der Krafteinwirkung auf die
Schmelze von seiten des resultierenden elektromagnetischen
Feldes im Querschnitt durch den in Fig. 1 dargestellten
erfindungsgemässen Plasmainduktionsofen, die die Zirkula-
tionsart der Schmelze näher erläutert;

35 Fig. 8 (a, b) Kennlinien der Krafteinwirkung des
elektromagnetischen Feldes auf die Schmelze im Längsschnitt
durch den in Fig. 3 dargestellten erfindungsgemässen Plas-
mainduktionsofen, jeweils von seiten der an den Plasmatron-

- 7 -

stromkreis angeschlossenen Tiegelsektion und von seiten des restlichen Tiegelteils;

Fig. 9 eine Zirkulationsart der Schmelze im Längsschnitt durch den in Fig. 3 dargestellten erfindungsgemässen Plasmainduktionsofen;

Fig. 10 (a, b) Kennlinien der Krafteinwirkung des resultierenden elektromagnetischen Feldes auf die Schmelze im Längsschnitt durch den in Fig. 4 dargestellten erfindungsgemässen Plasmainduktionsofen;

Fig. 11 eine Zirkulationsart der Schmelze im Längsschnitt durch den in Fig. 4 dargestellten erfindungsgemässen Plasmainduktionsofen;

Fig. 12 (a, b) Kennlinien der Krafteinwirkung des resultierenden elektromagnetischen Feldes auf die Schmelze im Längsschnitt durch den in Fig. 6 dargestellten erfindungsgemässen Plasmainduktionsofen;

Fig. 13 eine Zirkulationsart der Schmelze im Längsschnitt durch den in Fig. 6 dargestellten erfindungsgemässen Plasmainduktionsofen;

Bevorzugte Ausführungsform der Erfindung

Der Plasmainduktionsofen enthält einen Induktor 1 (Fig. 1) mit einem darin angeordneten Schmelztiegel 2. Der Induktor ist ähnlich wie Induktoren in bekannten Plasmainduktionsöfen in Form eines Rohres runden oder Sonderquerschnitts ausgebildet, das nach einer Schraubenlinie um den Tiegel 2 herum liegt. Der Schmelztiegel 2 hat die Form eines Zylinders, wobei seine Seitenwand durch senkrecht angeordnete Sektionen 3 (Fig. 1, 2) gebildet ist, die aus einem stromleitenden Werkstoff insbesondere aus Metallkeramik bestehen. Bei der in Fig. 1, 2 gezeigten Ausführungsform des Plasmainduktionsofens sind fünf Sektionen 3 dargestellt. Je nach den Aussenabmessungen des Schmelztiegels 2 kann die Anzahl und der Werkstoff dieser Sektionen 3 verschieden sein. Es ist zweckmässig, die Sektionsanzahl innerhalb 5 bis 35 auszuwählen, wodurch

optimale Energiekennwerte des Plasmainduktionsofens z.B. der Wirkungsgrad, die Leistung gewährleistet werden.

Die Sektionen 3 des Tiegels 2 können auch aus anderen stromleitenden Werkstoffen wie Graphit, Metall hergestellt werden.

Die Sektionen 3 sind elektrisch durch aus Magnesit bestehende Elektroisolierschichten 6 gegeneinander isoliert, die zwischen den Sektionen 3 liegen sowie auf die dem Inneren des Tiegels 2 zugekehrten Oberflächen der Sektionen 3, auf den Boden 5, auf die Stirnflächen der Sektionen 3 aufgetragen worden sind. Die Dicke jeder Schicht 6 hängt von dem Werkstoff und Auftragsverfahren der Elektroisolationen ab. Die Elektroisolation aus Al_2O_3 kann beispielsweise im Aufdampfverfahren aufgetragen werden.

Der Plasmainduktionsofen enthält auch ein Gleichstrom-Lichtbogenplasmatron 7 (Fig. 1). Das Plasmatron 7 ist im Deckel 8 des Tiegels 2 montiert und bewirkt das Erhitzen und Herunterschmelzen der Charge 9 mit Hilfe eines Plasmalichtbogens 10. Die Innenfläche des Deckels 8 ist mit einer Futterschicht 11 versehen. Dabei ist ein in der Nähe einer der Sektionen 3 des Tiegels 2 liegender segmentförmiger Teil 12 (Fig. 2) des Tiegels 2 (Fig. 1) isolationsfrei. Dieser Teil 12 (Fig. 2) dient zur Stromzuführung an die Schmelze 4 (Fig. 1), über die der Stromkreis des Plasmatrons 7 geschlossen ist.

Bei der in Rede stehenden Ausführungsform ist die Sektion 3 des Tiegels 2, an die der Teil 12 (Fig. 2) des Bodens 5 (Fig. 1) angrenzt, an den Stromkreis des Plasmatrons 7 angeschlossen. Die Stromrichtung im Lichtbogen 10 des Plasmatrons 7 fällt mit der Stromrichtung in der Sektion 3 zusammen (in Fig. 1 sind die Stromrichtungen mit Pfeilen angegeben). Stromzuführungsklemmen 13, 14 des Plasmatrons 7 sind an eine Speisequelle, bei der in Rede stehenden Ausführungsform - an eine Gleichstromquelle angeschlossen.

Als Speisequelle kann eine Wechselstromquelle ausgenutzt werden. Wenn ein Gleichstromplasmatron eingesetzt

- 9 -

wird, wird es über einen Gleichrichter an die Wechselstromquelle angeschlossen. Für das Wechselstromplasmatron wird nur eine Wechselstromquelle verwendet. Bei Verwendung einer Wechselstromquelle kann eine Speisequelle für den Induktor ausgenutzt werden.

Bei eine der Klemmen - 13 - ist an den Boden 5 des Tiegels 2 und die andere Klemme 14 an eine im Oberteil der Sektion 3 angeordnete Stromzuführung 15 angeschlossen, während eine andere Stromzuführung 16, die sich im Unterteil dieser Sektion 3 befindet, mit dem Plasmatron 7 verbunden ist.

Bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform des Plasmainduktionsofens ist die Sektion 3 an den Stromkreis des Plasmatrons 7 so angeschlossen, dass die Stromrichtungen in der Sektion 3 und im Lichtbogen 10 des Plasmatrons 7 gegenläufig sind. Dabei ist die Stromzuführung 15 an die Klemme 13 und das Plasmatron 7 an die Klemme 14 angeschlossen. Der Boden 5 des Tiegels 2 ist mit der Elektroisolierschicht 6 gänzlich überzogen, während ein Teil 17 der Innenfläche der Sektion 3, die an den Stromkreis des Plasmatrons 7 angeschlossen ist, ist isolationsfrei und dient zur Stromzufuhr an die Schmelze 4.

Fig. 4 zeigt einen Plasmainduktionsofen, dessen Schmelztiegel 18, der von einem auf bekannte Weise ausgeführten Induktor 19 umschlossen ist, zwölf Sektionen 20 (Fig. 5) enthält, die wie bei bekannten Induktionsöfen mit einem gekühlten zusammengesetzten Tiegel ausgeführt sind. Jede Sektion 20 besteht aus einem Metall, z.B. aus Kupfer, und hat einen Zirkulationskanal 21 für ein Kühlmittel, als welches Wasser, Gas, kryogene Flüssigkeit verwendet werden können.

Die Sektionen 20 sind mit Hilfe von Elektroisolierschichten 22, 23, z.B. aus Al_2O_3 , die durch Aufdampfen jeweils auf die dem Inneren des Tiegels 18 und einander zugekehrten Oberflächen aufgetragen worden sind, elektrisch gegeneinander isoliert. Auf die dem Inneren des Tiegels 18 zugewandten Oberflächen kann zusätzlich eine Elektro-

isolierschicht, z.B. aus Magnesit oder Alundum aufgetragen werden.

Der Deckel 24 des Tiegels 18 wurde ähnlich wie der Deckel 8 ausgeführt.

- 5 Um die Zirkulationsart der Schmelze 4 unter Wirkung des in Analogie zu dem in Fig. 1 beschriebenen Induktor ausgeführten Induktors 19 ändern zu können, sind sechs parallel untereinander verbundene Sektionen 20 (Fig. 5) des Tiegels 18 (Fig. 4) durch jede zweite in Reihe mit dem
- 10 Stromkreis des Plasmatröns 7 so geschaltet, dass die Stromrichtungen im Lichtbogen 10 des Plasmatröns 7 und in den Sektionen 20 gegenläufig sind. Die im Oberteil dieser Sektionen 20 angeordneten Stromzuführungen 25 sind untereinander verbunden und an die Klemme 13 angeschlossen.
- 15 Der Unterteil jeder der Sektionen 20 ist über Stromzuführungen 26 mit dem Boden 27 verbunden. Im Boden 27 ist ein Kühlmittelzirkulationskanal 28 vorgesehen, und die dem Inneren des Tiegels 18 zugewandte Oberfläche des Bodens 27 ist mit einer Elektroisolierschicht 29 überzogen. Zur
- 20 Stromzufuhr an die Schmelze 4 ist ein ringförmiger und an die Sektionen 18 angrenzender Teil 30 (Fig. 5) des Bodens 27 isolationsfrei.

- Fig. 6 zeigt eine Ausführungsform des dem in Fig. 4, 5 dargestellten Ofen ähnlichen Plasmainduktionsofens, bei
- 25 dem sämtliche Sektionen 20 des Tiegels 18 an den Stromkreis des Plasmatröns 7 so angeschlossen sind, dass die Stromrichtungen im Lichtbogen 10 und in den Sektionen 20 zusammenfallen. Dazu sind die im Oberteil der Sektionen 20 angeordneten Stromzuführungen 31 mit der Klemme 14 und die
- 30 im Unterteil der Sektionen 20 befindlichen Stromzuführungen 32 mit dem Plasmatron 7 verbunden. Der Boden 27 ist völlig isolationsfrei und an die Klemme 13 angeschlossen.

- Die Krafteinwirkung F des elektromagnetischen Feldes auf die Schmelze 4 ist in Fig. 7, 8a, b, 10a, b, 12a, b
- 35 mit Pfeilen angegeben. Die Zirkulationsart der Schmelze 4 ist bei den in Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6 dargestellten Plasmainduktionsöfen mit geschlossenen Linien "1" in Fig. 7, 9,

11, 13 angegeben.

Der Plasmainduktionsofen wird wie folgt betrieben.

Nach dem Aufgeben des festen Einsatzes 9 in den Tiegel 2 (Fig. 1) wird der Deckel 8 verschlossen und das
5 Plasmatron 7 in die Zündstellung des Lichtbogens 10 gebracht. Dann wird dem Induktor 1 und dem Plasmatron 7 eine Spannung zugeführt und der Lichtbogen 10 gezündet.

Unter Einwirkung des Lichtbogens 10 des Plasmatrons 7 und des elektromagnetischen Feldes des Induktors 1 beginnt
10 das Herunterschmelzen des Einsatzes. Der Lichtbogen 10 schmilzt die Einsatzschicht über ihre Dicke schnell durch, brennt zwischen der Oberfläche der Schmelze 4 und dem Plasmatron 7 und gibt seine Wärme intensiv an den umgebenden Einsatz ab. Je nach dem Herunterschmelzen des Ein-
15 satzes und der Vergrößerung der Menge an der Schmelze 4 wird die Länge des Lichtbogens 10 kürzer, die Bedingungen für die Wärmeabgabe von dem Lichtbogen 10 an die Schmelze 4 verschlechtern sich. Gleichzeitig damit werden die Bedingungen für die Energiezuführung von dem Induktor 1
20 an die Schmelze 4 verbessert. Da der Hauptteil der Energie in der Verfahrensstufe Nachschmelzen des Einsatzes 9 und Überhitzen der Schmelze 4 von dem Induktor 1 zugeführt wird, erfolgt die Zirkulation der Schmelze 4 in natürlichen zwei Kreisläufen, was sich günstig auf den Wärmestoffaustausch auswirkt. Danach wird zur Entfernung
25 schädlicher Begleitstoffe auf die Oberfläche der Schmelze 4 in den Tiegel 2 durch (in der Zeichnung nicht gezeigte) Sonderlöcher im Dickel 8 eine Schlacke portionsweise in vorgegebener Reihenfolge auf die überhitzte Schmelze 4 auf-
30 gegeben.

Zur gleichmässigen Verteilung der Schlacke über die gesamte Oberfläche der Schmelze 4 im Tiegel 2 und zu ihrer gleichmässigen Erhitzung wird die Zirkulation der Schmelze 4 solcher Art zustandegebracht, die mit geschlossenen
35 Linien "1" in Fig. 7 dargestellt ist. Dazu wird die Spannung am Induktor 1 stufenlos abgesenkt oder die Spannung an den Klemmen 13, 14 erhöht, was im ersten Fall

zur Stromabnahme im Induktor 1 und im zweiten Fall zur Stromzunahme im Stromkreis des Plasmatrons 7 führt.

Durch die gleichen Stromrichtungen in der Sektion 3 und im Lichtbogen 10 und folglich in der Schmelze 4 wird
 5 die Krafteinwirkung F (Fig. 7) auf die Schmelze 4 (Fig. 1) von seiten der an den Stromkreis des Plasmatrons 7 angeschlossenen Sektion 3 abgeschwächt, was zur Zirkulation der Schmelze 4 in Horizontalebene im gesamten Volumen des Tiegels 2 führt. Bei dieser Zirkulationsart weist die
 10 Oberfläche der Schmelze 4 keinen Meniskus auf, und es wird eine kontinuierliche Zufuhr der Schlacke unter den Lichtbogen 10 des Plasmatrons 7 gewährleistet, deren Schmelzen und Erhitzen beschleunigt, was zur Steigerung der Ofenleistung führt. Ebenfalls wird die Homogenität der Schmelze
 15 ze 4 im Gesamtvolumen des Tiegels 2 verbessert. Diese konstruktive Ausführung des Tiegels 2 gestattet es, durch stufenlose Stromänderung im Induktor 1 oder im Lichtbogen 10 des Plasmatrons 7 die Bewegungsart der Schmelze von der Zirkulation in Vertikalebene auf die Zirkulation
 20 in Horizontalebene zügig zu ändern.

Beim Erschmelzen von hochreinen Metallen und Legierungen ist gemäss der Technologie ein mehrfaches Schlackemachen und Entschlacken erforderlich. Bei Verwendung des in Fig. 4 dargestellten Plasmainduktionsofens kann der
 25 Entschlackungsvorgang aus dem Tiegel 2 beschleunigt werden. Die Zirkulationsart der Schmelze 4 ist mit der geschlossenen Linie "1" (Fig. 9) angegeben, durch die ein Durchmischen der Schmelze 4 (Fig. 3) auf der Gesamthöhe des Tiegels 2 gewährleistet wird. Von seiten des Oberteils
 30 der an den Stromkreis des Plasmatrons 7 angeschlossenen Sektion 3 wird auf dem mit der Elektroisolierschicht 6 versehenen Abschnitt eine Krafteinwirkung F_1 (Fig. 8a) auf die Schmelze 4 (Fig. 3) erzeugt, die stärker als die Krafteinwirkung F_2 (Fig. 8b) von seiten des restlichen
 35 Teils der Sektion 3 (Fig. 3) ist, weil die Ströme in der Sektion 3 und dem Lichtbogen 10 gegenläufig gerichtet sind.

Durch eine stufenlose Stromänderung im Induktor 1 und im Stromkreis des Plasmatrons 7, durch eine Änderung des Verhältnisses von $\bar{F}_1$ zu $\bar{F}_2$ wird die vorgegebene Zirkulationsart erzeugt, bei der das Ansammeln der verbrauchten Schlacke an der Abstichstelle zu ihrer Entfernung gewährleistet wird.

Hochschmelzende Metalle und Legierungen, z.B. Wolfram, werden in der Regel in Plasmainduktionsöfen mit dem Kühltiegel 18 (Fig. 4, 5, 6) geschmolzen. Vor der Spannungszuführung an den Induktor 19 und das Plasmatron 7 wird in die Kanäle 21 der Sektionen 20 und den Kanal 28 des Bodens 27 ein Kühlmittel eingeführt, der während des ganzen Schmelzvorganges umläuft. Nach der Spannungszuführung an den Induktor 19 und das Plasmatron 7 wird der Lichtbogen 10 gezündet. Die an den Stromkreis des Plasmatrons 7 angeschlossenen Sektionen 20 durchfliesst dabei ein Strom, dessen Richtung der Stromrichtung im Lichtbogen 10 des Plasmatrons 7 entgegengesetzt ist. Je nach der Vergrößerung der Menge an der Schmelze 4 unter Wirkung des elektromagnetischen Feldes vom Induktor 19 wird die Schmelze 4 intensiv durchgemischt, und die Oberfläche der Schmelze 4 gewinnt eine konvexe Form. Dabei wird der die Schmelze 4 durchfliessende Strom des Lichtbogens 10 danach streben, längs der Oberfläche der Schmelze 4 in der Nähe der elektrisch isolierten, an den Stromkreis des Plasmatrons 7 angeschlossenen Sektionen 20 zu fließen.

Im Oberteil der Schmelze 4 entsteht also eine Komponente der Krafteinwirkung des elektromagnetischen Feldes der Sektionen 20 auf den den Lichtbogen 10 und die Schmelze 4 durchfliessenden Strom, die nach unten zum Boden 27 des Tiegels 18 hingerrichtet ist. Mit der Annäherung dem Boden 27 nimmt die Grösse dieser Komponente ab. Je nach dieser Annäherung nimmt die von der Peripherie zum Mittelpunkt der Schmelze 4 hin gerichtete Komponente der ähnlichen Wechselwirkung des durch den Strom in den Sektionen 20 erzeugten elektromagnetischen Feldes mit dem die Schmelze 4 durchfliessenden Strom zu, indem dadurch das Zurückdrängen

der Schmelze 4 von den Sektionen 20 des Tiegels 18 erhöht wird. Dadurch werden erstens die Wärmeverluste vermindert und die Unversehrtheit der Elektroisolierschicht der Sektionen 20 gegen Zerstörung begünstigt, und zweitens die Höhe der Säule der Schmelze 4 vergrößert, sodass die Zone der Berührung der Schmelze 4 mit dem Einsatz vergrößert und eine wirksame Aufnahme des Einsatzes durch die in Bewegung befindliche Schmelze 4 sowie eine Auflösung in dieser erhöht werden. Die resultierende Krafteinwirkung $\vec{F}$ (Fig. 10a, b) auf die Schmelze 4 (Fig. 4) ermöglicht es, die Zirkulation in einem Kreislauf von der Art "1" (Fig. 11) mit einem Austrag der Schmelze 4 (Fig. 4) samt mit dem von ihr aufzunehmenden Einsatz nach oben an einer Achse entlang unter den Lichtbogen 10 zu erzeugen, wodurch die Schmelzzeit des Einsatzes verkürzt und eine Erhöhung der Homogenität der Schmelze 4 gegen Ende dieser Periode gefördert werden, wobei die Schmelze 4 auf der Gesamthöhe des Tiegels 18 durchgemischt wird.

In dem in Fig. 6 dargestellten Plasmainduktionsofen kann, beim Nachschmelzen und Überhitzen der Schmelze 4 die durch den Induktor 19 zuzuführende spezifische Leistung dadurch erhöht werden, dass infolge des Anschlusses der Sektionen 20 des Tiegels 18, deren Stromrichtung mit der Stromrichtung im Lichtbogen 10 des Plasmatrons 7 zusammen fällt, an den Stromkreis des Plasmatrons 7 die resultierende Krafteinwirkung $\vec{F}$ (Fig. 12a, b) des elektromagnetischen Feldes vom Induktor 19 auf die Schmelze 4 (Fig. 6) abgeschwächt werden kann. Unter Wirkung von $\vec{F}$ (Fig. 12a, b) ist die Zirkulationsart "1" (Fig. 13) der unter Wirkung des elektromagnetischen Feldes vom Induktor 19 stattfindenden Zirkulation ähnlich, es ändert sich nur die Bewegungsgeschwindigkeit der Schmelze 4. Eine Erhöhung der in dieser Periode durch den Induktor 19 der Schmelze 4 zuzuführenden spezifischen Leistung führt zur Steigerung der Ofenleistung.

- 15 -

Industrielle Anwendbarkeit

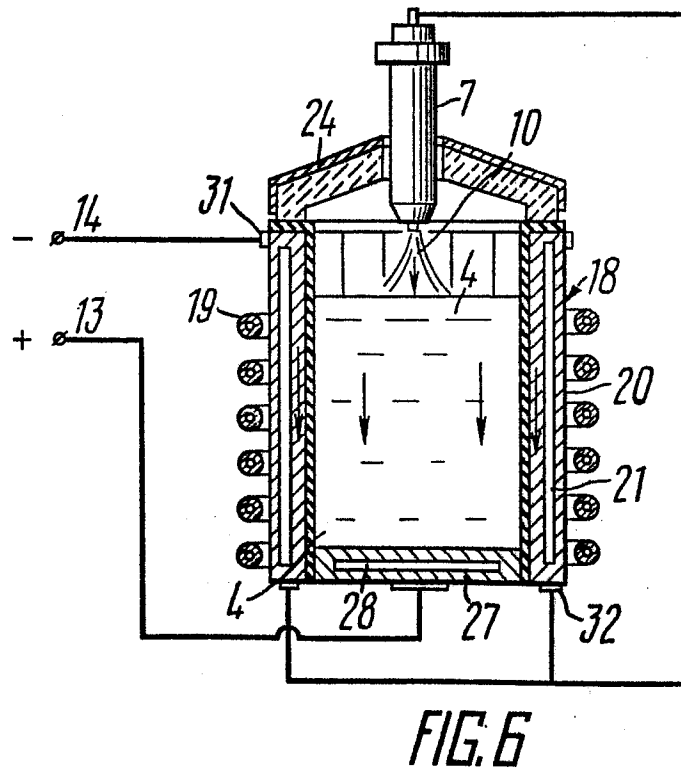
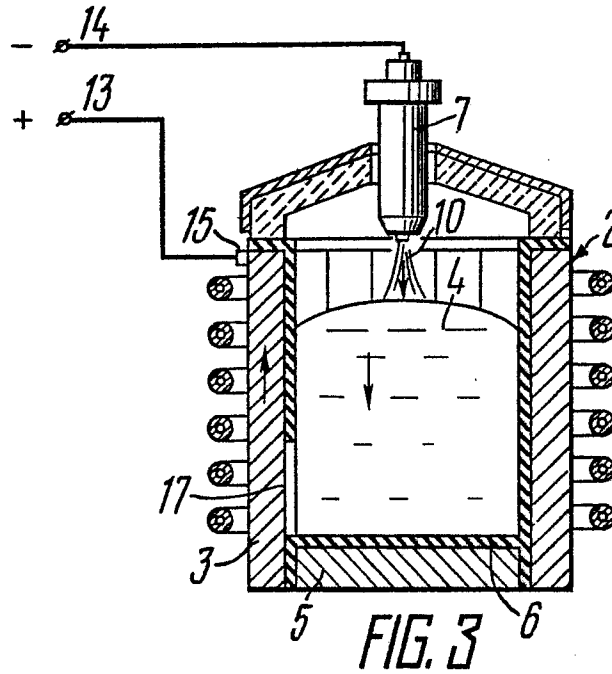
Der vorliegende Plasmainduktionsofen kann im Hüttenwesen, in technologischen Vorgängen beim Erschmelzen verschiedener Metalle und Legierungen vorzugsweise hochschmelzenden, z.B. auf der Wolfram-, Molybdänbasis, insbesondere in Vorgängen, die mit der Verwendung hochaktiver heisser Schlacken verbunden sind, angewendet werden.

PATENTANSPRUCH

Plasmainduktionsofen, der einen Induktor (1, 19) mit einem darin angeordneten Schmelztiegel (2, 18), dessen Seitenwand zylinderförmig ausgebildet ist, und ein Licht-
5 bogenplasmatron (7) enthält, dessen Stromkreis über die im Tiegel (2, 18) befindliche Schmelze (4) geschlossen wird, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Seitenwand des Tiegels (2, 18) durch senkrecht angeordnete Sektionen (3, 20) gebildet ist, die aus einem stromleitenden
10 Werkstoff bestehen und elektrisch gegeneinander isoliert sind, wobei wenigsten eine von denen mit dem Stromkreis des Plasmatrons (7) in Reihe so geschaltet ist, dass die Stromrichtung im Lichtbogen (10) des Plasmatrons (7) mit der Stromrichtung in der Sektion (3, 20) des Tiegels (2,18)
15 . . zusammenfällt oder dieser entgegengesetzt ist.

2/4

0273975



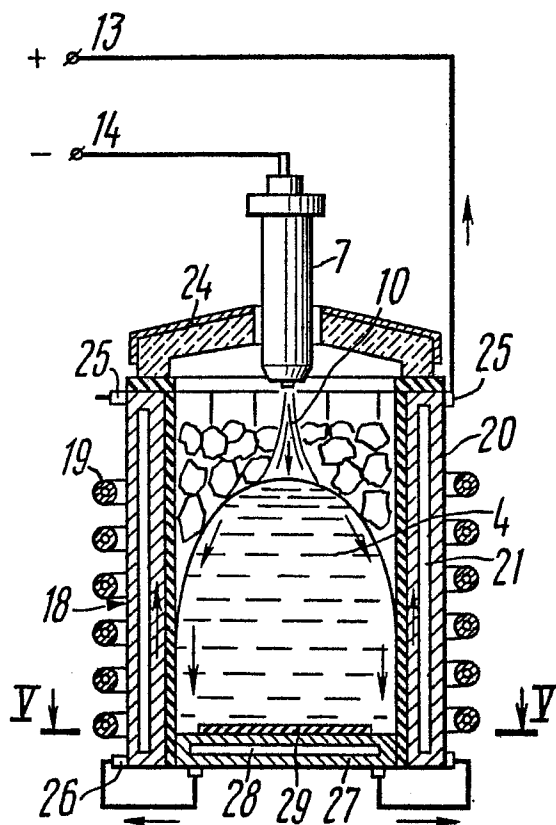


FIG. 4

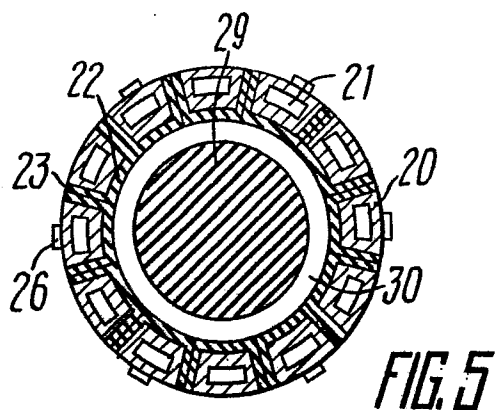


FIG. 5

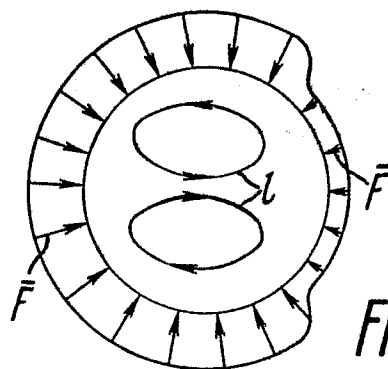


FIG. 7

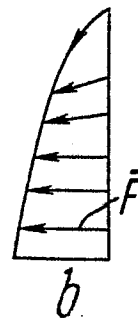
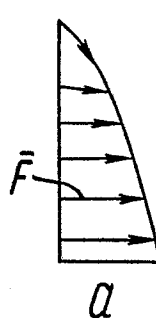


FIG. 10



FIG. 11

414

0273975

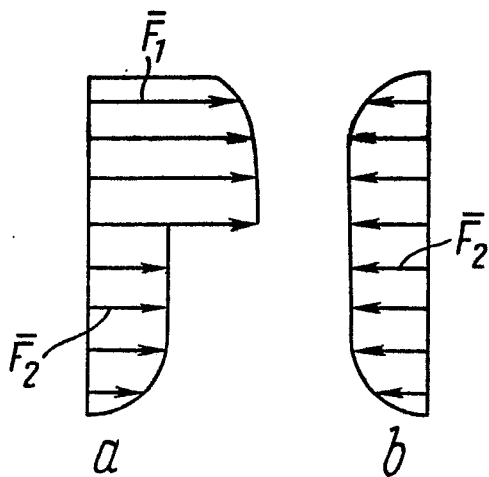


FIG. 8

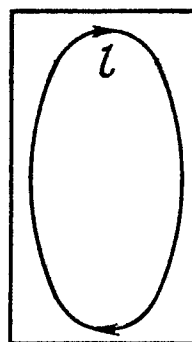


FIG. 9

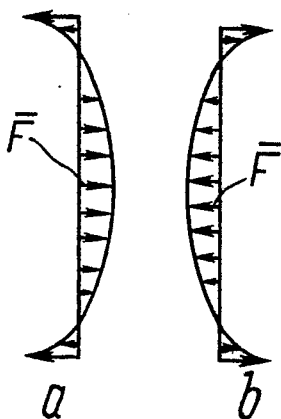


FIG. 12

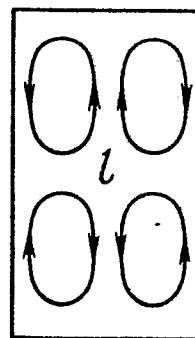


FIG. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

0273975

International Application No PCT/SU 86/00070

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) * According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC IPC ⁴ : H 05 B 11/00																										
II. FIELDS SEARCHED Minimum Documentation Searched ⁷ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 20%; padding: 5px;">Classification System</th> <th style="padding: 5px;">Classification Symbols</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px; vertical-align: top;">IPC⁴</td> <td style="padding: 5px;">H 05 B 6/00, 7/06, 7/18 + 7/22, 11/00, F 27 B 17/00, 19/00, F 27 D 11/06 + 11/12, 23/00</td> </tr> </table> Documentation Searched other than Minimum Documentation to the extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸			Classification System	Classification Symbols	IPC ⁴	H 05 B 6/00, 7/06, 7/18 + 7/22, 11/00, F 27 B 17/00, 19/00, F 27 D 11/06 + 11/12, 23/00																				
Classification System	Classification Symbols																									
IPC ⁴	H 05 B 6/00, 7/06, 7/18 + 7/22, 11/00, F 27 B 17/00, 19/00, F 27 D 11/06 + 11/12, 23/00																									
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%; padding: 5px;">Category ⁹</th> <th style="width: 60%; padding: 5px;">Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²</th> <th style="width: 30%; padding: 5px;">Relevant to Claim No. ¹³</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">EP, A2, 0151415, (ASEA AB), 14 August 1985 (14.08.85), see the abstract, the drawing --</td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">JP, B, 40-13242, 26 June 1965 (26.06.65), see figure 4 --</td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">US, A, 4528673, (ASEA Aktiebolag), 09 July 1985 (09.07.85), see the abstract and the drawing --</td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">US, A, 4139722, (ASEA Aktiebolag), 13 February 1979 (13.02.79), see the abstract, the drawing --</td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">US, A, 3793468, (Westinghouse Electric Corporation), 19 February 1974 (19.02.74), see the abstract, the drawing --</td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">GB, A, 1506020, (ASEA AKTIEBOLAG), 05 April 1978 (05.04.78), see the claims and figure 1 --</td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">1</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;"> * Special categories of cited documents: ¹⁰ "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family </td> <td style="text-align: center; vertical-align: bottom; padding: 5px;">./.</td> </tr> </table>			Category ⁹	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³	A	EP, A2, 0151415, (ASEA AB), 14 August 1985 (14.08.85), see the abstract, the drawing --	1	A	JP, B, 40-13242, 26 June 1965 (26.06.65), see figure 4 --	1	A	US, A, 4528673, (ASEA Aktiebolag), 09 July 1985 (09.07.85), see the abstract and the drawing --	1	A	US, A, 4139722, (ASEA Aktiebolag), 13 February 1979 (13.02.79), see the abstract, the drawing --	1	A	US, A, 3793468, (Westinghouse Electric Corporation), 19 February 1974 (19.02.74), see the abstract, the drawing --	1	A	GB, A, 1506020, (ASEA AKTIEBOLAG), 05 April 1978 (05.04.78), see the claims and figure 1 --	1	* Special categories of cited documents: ¹⁰ "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		./.
Category ⁹	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³																								
A	EP, A2, 0151415, (ASEA AB), 14 August 1985 (14.08.85), see the abstract, the drawing --	1																								
A	JP, B, 40-13242, 26 June 1965 (26.06.65), see figure 4 --	1																								
A	US, A, 4528673, (ASEA Aktiebolag), 09 July 1985 (09.07.85), see the abstract and the drawing --	1																								
A	US, A, 4139722, (ASEA Aktiebolag), 13 February 1979 (13.02.79), see the abstract, the drawing --	1																								
A	US, A, 3793468, (Westinghouse Electric Corporation), 19 February 1974 (19.02.74), see the abstract, the drawing --	1																								
A	GB, A, 1506020, (ASEA AKTIEBOLAG), 05 April 1978 (05.04.78), see the claims and figure 1 --	1																								
* Special categories of cited documents: ¹⁰ "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		./.																								
IV. CERTIFICATION <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Date of the Actual Completion of the International Search 29 December 1986 (29.12.86) </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Date of Mailing of this International Search Report 12 March 1987 (12.03.87) </td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> International Searching Authority ISA/SU </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Signature of Authorized Officer </td> </tr> </table>			Date of the Actual Completion of the International Search 29 December 1986 (29.12.86)	Date of Mailing of this International Search Report 12 March 1987 (12.03.87)	International Searching Authority ISA/SU	Signature of Authorized Officer 																				
Date of the Actual Completion of the International Search 29 December 1986 (29.12.86)	Date of Mailing of this International Search Report 12 March 1987 (12.03.87)																									
International Searching Authority ISA/SU	Signature of Authorized Officer 																									

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM THE SECOND SHEET

A GB, A, 2143709, (Westinghouse Electric Corporation), 13 February 1985 (13.02.85), 1
see the abstract, the drawing

V. ☐ OBSERVATIONS WHERE CERTAIN CLAIMS WERE FOUND UNSEARCHABLE ¹

This International search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2) (a) for the following reasons:

1. ☐ Claim numbers because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claim numbers because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claim numbers because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of PCT Rule 6.4(a).

VI. ☐ OBSERVATIONS WHERE UNITY OF INVENTION IS LACKING ²

This International Searching Authority found multiple inventions in this International application as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims of the international application.
2. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims of the international application for which fees were paid, specifically claims:

3. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims: it is covered by claim numbers:

4. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, the International Searching Authority did not invite payment of any additional fee.

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.