

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer:

0 117 928

A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 83201854.3

(51) Int. Cl.³: C 21 C 5/52
C 21 B 13/14

(22) Anmeldetag: 29.12.83

(30) Priorität: 13.01.83 DE 3300867

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.09.84 Patentblatt 84/37(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT(71) Anmelder: METALLGESELLSCHAFT AG
Reuterweg 14 Postfach 3724
D-6000 Frankfurt/M.1(DE)(71) Anmelder: MANNESMANN Aktiengesellschaft
Mannesmannufer 2
D-4000 Düsseldorf 1(DE)(72) Erfinder: Formanek, Lothar
Libellenweg 67
D-6000 Frankfurt am Main 70(DE)(72) Erfinder: Hirsch, Martin
Römer Strasse 7
D-6382 Friedrichsdorf(DE)(72) Erfinder: Schnabel, Wolfram, Dr.
Thomas-Mann-Strasse 7
D-6270 Idstein(DE)(72) Erfinder: Serbent, Harry, Dr.
Gustav-Hoch-Strasse 5d
D-6450 Hanau am Main(DE)(72) Erfinder: Arlt, Detmar
Nahestrasse 22
D-4100 Duisburg(DE)(72) Erfinder: Fritzsche, Klaus-Dietrich
Brücktorstrasse 49
D-4200 Oberhausen(DE)(72) Erfinder: Koenig, Heribert
Kardinal-Galen-Strasse 93
D-4100 Duisburg(DE)(74) Vertreter: Fischer, Ernst, Dr.
Reuterweg 14
D-6000 Frankfurt am Main 1(DE)

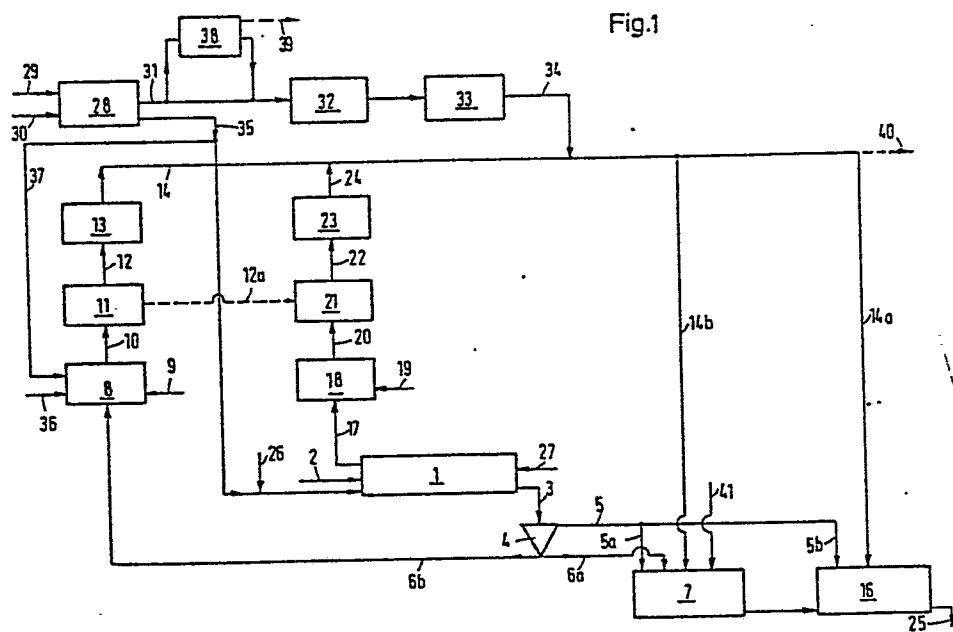
(54) Verfahren zur Erzeugung von Stahl durch Einschmelzen von Eisenschwamm im Lichtbogenofen.

(57) Durch Direktreduktion erzeugter Eisenschwamm wird mit der sogenannten Sumpf-Fahrweise im Lichtbogenofen eingeschmolzen. Für eine ausreichende Verfügbarkeit von flüssigem, kohlenstoffhaltigem Eisen für den Sumpf und gleichzeitig für eine größtmögliche Wirtschaftlichkeit des Verfahrens wird der Eisenschwamm auf einem Bad aus flüssigem, kohlenstoffhaltigem Eisen im Lichtbogenofen umgesetzt, wobei das flüssige, kohlenstoffhaltige Eisen (hot metal) ebenfalls aus Eisenschwamm oder vorreduziertem Erz in einem Elektroreduktionsofen erzeugt wird, der in Abhängigkeit von den durch den Lichtbogenofen bedingten elektrischen Lastaufnahme-Schwankungen so geregelt wird, daß eine praktisch gleichbleibende Belastung des elektrischen Netzes resultiert.

EP 0 117 928 A1

./...

Fig.1



MANNESMANN DEMAG
Aktiengesellschaft
4100 Duisburg

Verfahren zur Erzeugung von Stahl durch Einschmelzen
von Eisenschwamm im Lichtbogenofen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Stahl durch Einschmelzen von Eisenschwamm im Lichtbogenofen, wobei der Eisenschwamm durch Direktreduktion erzeugt wird.

Bekanntlich ergeben sich Schwierigkeiten, wenn ein Lichtbogenofen ausschließlich mit Eisenschwamm beschickt wird. Dies beruht auf der geringen Dichte und schlechten Leitfähigkeit des Eisenschwamms. Dennoch wird angestrebt, im Lichtbogenofen überwiegend Eisenschwamm einzusetzen. Hier ist es vorteilhaft, die sogenannte Sumpf-Fahrweise anzuwenden, die darin besteht, daß der Eisenschwamm auf bereits im Ofen befindliches flüssiges, kohlenstoffhaltiges Eisen (hot metal) chargiert wird, wobei die weitere Energiezufuhr im wesentlichen über das flüssige Bad erfolgt.

Bei der Sumpf-Fahrweise muß aber dennoch der Lichtbogenofen alle zwei bis drei Chargen vollständig entleert werden, um die Zustellung auszubessern. Auf diese Weise ist kein unterbrechungsloser Ofenbetrieb mit Sumpf möglich; vielmehr muß nach dem jeweiligen Entleeren wieder ein Sumpf erzeugt werden, so daß die Vorteile dieser Betriebsweise nur unvollkommen genutzt werden können, wenn kein flüssiges Eisen aus anderer

Quelle, vorzugsweise dem Hochofen, zur Verfügung steht. Gerade dieser ist aber in einem Eisenschwamm verarbeitenden Betrieb nicht vorhanden.

Der Lichtbogenofenbetrieb ist außerdem aufgrund seiner charakteristischen und darüber hinaus diskontinuierlichen Arbeitsweise zwangsläufig mit stark schwankender Energieabnahme verbunden. Diese Schwankungen erstrecken sich sowohl auf den zeitlichen Ablauf als auch auf die absolute Höhe der Energieabnahme. Für den Anschluß eines Lichtbogenofens ist ein elektrisches Netz erforderlich, das so stark ist, daß die Rückwirkung - durch den Ofenbetrieb bedingt - die maximal zulässigen Grenzwerte nicht überschreitet.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zu schaffen, das es erlaubt, die vorteilhafte Betriebsweise des Lichtbogenofens mit Sumpf dadurch zu ermöglichen, daß man für die ausreichende Verfügbarkeit von sogenanntem „hot metal“ und dabei gleichzeitig für eine größtmögliche Wirtschaftlichkeit des Verfahrensablaufs sorgt.

...

Diese Aufgabe löst die Erfindung dadurch, daß der Eisenschwamm auf einem Bad aus flüssigem, kohlenstoffhaltigem Eisen im Lichtbogenofen umgesetzt wird, wobei das flüssige, kohlenstoffhaltige Eisen (hot metal) ebenfalls aus Eisenschwamm oder vorreduziertem Erz in einem Elektroreduktionsofen erzeugt wird, der in Abhängigkeit von den durch den Lichtbogenofen bedingten elektrischen Lastaufnahme-Schwankungen so geregelt wird, daß eine praktisch gleichbleibende Belastung des elektrischen Netzes resultiert.

Das erfindungsgemäße Verfahren erzielt somit durch die Kombination einer Verfahrensstufe, in der das für den Sumpf im Lichtbogenofen erforderliche kohlenstoffhaltige Eisen gewonnen wird - und zwar vorzugsweise aus dem gleichen Vormaterial, wie es auch im Lichtbogenofen verwendet wird - mit dem Erschmelzen

des Eisenschwamms im Lichtbogenofen eine Gesamtwirkung, die über die Summe der in den Verfahrensabschnitten ablaufenden Einzelvorgänge hinausgeht, weil auf überraschend einfache Weise gleichzeitig mit der Verbesserung des Einschmelzvorganges die Belastung des elektrischen Netzes weitgehend ver- gleichmäßig wird.

Unter dem Ausdruck "Lichtbogenofen" sind direktbeheizte Lichtbogenöfen zu verstehen, bei denen die Beheizung durch zwischen den Elektroden und dem metallischen Einsatz bzw. dem Stahlbad brennende elektrische Lichtbögen erfolgt (direct arc furnace). Unter dem Ausdruck "Elektroreduktionsofen" sind Öfen zu verstehen, bei denen die Elektroden entweder in ein offenes Schlackenbad oder in eine stehende Möller-Säule eintauchen und in denen der Energieumsatz vorzugsweise durch Widerstandserwärmung erfolgt (submerged arc furnace). Diese Öfen sind für Reduktionsarbeit, auch mit offenem Schlackenbad, gut geeignet. Sie erzeugen aus Eisenschwamm und zugesetzten Kohlenstoffträgern kohlenstoffhaltiges Eisen, das in den Lichtbogenofen als Sumpf eingesetzt wird. Die Elektroreduktionsöfen können mit variabler Leistungsaufnahme betrieben werden.

In vorteilhafter weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß die bei der Direktreduktion im Abgas anfallende Abwärme sowie die bei der Direktreduktion und/oder für die Direktreduktion anfallenden Energieträger zur Erzeugung von elektrischer Energie zur Deckung des Energiebedarfs des Elektroreduktionsofen- und Lichtbogenofen-Verbundes verwendet werden. Energieträger können bei der Direktreduktion anfallende überschüssige feste, kohlenstoffhaltige Materialien oder brennbare Gase oder bei der Herstellung des reduzierenden Mediums für die Direktreduktion anfallende überschüssige, brennbare Gase oder feste, kohlenstoffhaltige Materialien sein.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung besteht darin, daß die Menge und die Analyse des in den Lichtbogenofen als Sumpf eingesetz-

ten kohlenstoffhaltigen Eisens so gewählt wird, daß während des Chargierens von Eisenschwamm in den Lichtbogenofen die Gesamtkohlenstoffbilanz ausgeglichen wird, wobei die Wirkleistung des Lichtbogenofens so geregelt wird, daß sich der Lichtbogenofen im für das Einschmelzen von Eisenschwamm notwendigen thermischen Gleichgewicht befindet. Thermisches Gleichgewicht bedeutet, daß keine Überhitzung und kein Einfrieren erfolgt.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung besteht darin, daß Eisenschwamm mit geringerem Metallisationsgrad überwiegend zur Herstellung von flüssigem, kohlenstoffhaltigem Eisen (hot metal) im Elektroreduktionsofen verwendet wird.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung besteht darin, daß das aus dem Austrag der Direktreduktion mit festen kohlenstoffhaltigen Reduktionsmitteln abgetrennte überschüssige kohlenstoffhaltige Material mindestens teilweise in einem Verbrennungsaggregat unter Zusatz von sauerstoffhaltigen Gasen verbrannt wird, die heißen Verbrennungsgase und das Abgas der Direktreduktion zur Erzeugung von elektrischer Energie verwendet werden, wobei die Menge der erzeugten elektrischen Energie so geregelt wird, daß diese mindestens dem maximalen Energiebedarf des Lichtbogenofens zuzüglich dem minimalen Energiebedarf des Elektroreduktionsofens entspricht, und daß die vom Lichtbogenofen jeweils nicht benötigte Energie im Elektroreduktionsofen umgesetzt wird. Das überschüssige kohlenstoffhaltige Material wird ganz verbrannt, wenn seine Qualität für einen Einsatz in den Elektroreduktionsofen nicht geeignet ist oder ein Zusatz dort nicht erforderlich ist. Unter einer guten Qualität ist zu verstehen, daß der Gehalt an Asche und Schwefel relativ niedrig ist und die Asche basisch ist. Es ist auch möglich, das abgetrennte kohlenstoffhaltige Material aufzubereiten und dann die Fraktion mit guter Qualität in den Elektroreduktionsofen und die Fraktion mit schlechter Qualität in die Verbrennung einzusetzen. Der minimale Energiebedarf des Elektroreduktionsofens ist die Warmhalteleistung.

Die fühlbare Wärme der heißen Verbrennungsgase und der Abgase der Direktreduktion werden zur Dampferzeugung ausgenutzt, und der Dampf treibt über Dampfturbinen einen Generator zur Stromerzeugung an. Zweckmäßigerweise werden die heißen Verbrennungsgase und die Abgase der Direktreduktion getrennt in separate Dampferzeuger und die Dampfströme in separate Turbinen geleitet. Dadurch kann die Turbine für den Dampf des Abgases der Direktreduktion immer im optimalen Bereich gefahren werden, und es ist eine bessere Ausnutzung und Regelung möglich. Die Menge der erzeugten elektrischen Energie muß dem maximalen Energiebedarf des Lichtbogenofens zuzüglich dem minimalen Energiebedarf des Elektroreduktionsofens entsprechen. Es kann auch mehr elektrische Energie für andere Zwecke des eigenen Betriebes erzeugt werden, wobei diese Mehrerzeugung dann aber nicht in die Regelung der Stromverteilung einbezogen wird. Die elektrische Energie wird so verteilt, daß der Energiebedarf des Lichtbogenofens immer gedeckt wird, d.h. wenn er hohen Energiebedarf hat, erhält der Elektroreduktionsofen weniger elektrische Energie, und wenn der Lichtbogenofen abgeschaltet ist, erhält der Elektroreduktionsofen mehr Energie.

Die Aufteilung des Eisenschwammes erfolgt so, daß im Elektroreduktionsofen die für die Stahlherstellung im Lichtbogenofen erforderliche Menge an kohlenstoffhaltigem Eisen (hot metal) anfällt.

Der Eisenschwamm kann nach einer Heißabsiebung heiß in die Schmelzöfen eingesetzt werden. Die Verbrennung des überschüssigen kohlenstoffhaltigen Materials kann in Wirbelschichtapparaten oder Staubfeuerungen, wie z.B. Zyklonfeuerungen, erfolgen.

Eine vorzugsweise Ausgestaltung besteht darin, daß das Abgas der Direktreduktion vor dem Einsatz in die elektrische Energieerzeugung nachverbrannt wird. Dadurch wird einerseits auch

der latente Wärmehalt des Abgases verwertet und andererseits wird, insbesondere bei höheren Gehalten an brennbaren gasförmigen und festen Bestandteilen, eine unkontrollierte Verbrennung vermieden.

Eine vorzugsweise Ausgestaltung besteht darin, daß in das Verbrennungsaggregat weiteres brennbares Material chargiert wird. Dadurch kann auch bei zu geringer Wärme im Abgas und den heißen Verbrennungsgasen des überschüssigen kohlenstoffhaltigen Materials ein autarker Betrieb durchgeführt werden.

Eine vorzugsweise Ausgestaltung besteht darin, daß das Verbrennungsaggregat eine zirkulierende Wirbelschicht ist. Die zirkulierende Wirbelschicht arbeitet ohne Sprung in der Materialdichte zwischen dichter Phase und darüber befindlichem Staubraum. Die Feststoffkonzentration nimmt von unten nach oben ständig ab.

Bei der Definition der Betriebsbedingungen über die Kennzahlen von Froude und Archimedes ergeben sich die Bereiche:

$$0,1 \leq \frac{3}{4} \cdot Fr^2 \cdot \frac{\rho_g}{\rho_k - \rho_g} \leq 10,$$

bzw.

$$0,01 \leq Ar \leq 100,$$

wobei

$$Ar = \frac{d_k^3 \cdot g (\rho_k - \rho_g)}{\rho_g \cdot v^2} \quad \text{und}$$

$$Fr^2 = \frac{u^2}{g \cdot d_k}$$

sind.

Es bedeuten:

u	die relative Gasgeschwindigkeit in m/sec.
Ar	die Archimedes-Zahl
Fr	die Froude-Zahl
ρ_g	die Dichte des Gases in kg/m^3
ρ_k	die Dichte des Feststoffteilchens in kg/m^3
d_k	den Durchmesser des kugelförmigen Teilchens in m
ν	die kinematische Zähigkeit in m^2/sec .
g	die Gravitationskonstante in m/sec^2

Solche Verfahren, die besonders für die Verbrennung des überschüssigen kohlenstoffhaltiges Material geeignet sind, sind beschrieben in der DE-AS 25 39 546, US-PS 41 65 717, DE-OS 26 24 302, US-PS 4 111 158.

Eine vorzugsweise Ausgestaltung besteht darin, daß durch separate Schwelung und/oder Teilvergasung von festem, kohlenstoffhaltigem Material ein brennbares Gas erzeugt wird, das brennbare Gas zur Erzeugung von elektrischer Energie verwendet wird und das geschwelte feste, kohlenstoffhaltige Material in die Direktreduktion und/oder den Elektroreduktionsofen und/oder das Verbrennungsaggregat eingesetzt wird. Die Direktreduktion wird durch den Einsatz von abgeschweltem, kohlenstoffhaltigem Material auf der Abgasseite entlastet und ihre Durchsatzleistung gesteigert. Da die Abgase der Direktreduktion weniger brennbare gasförmige Bestandteile enthalten, wird weniger elektrische Energie durch das Abgas erzeugt, d.h. die nicht regelbare Grundlast wird kleiner und die Regelmöglichkeit der durch die Verbrennung erzeugten elektrischen Energie wird größer. Ein Teil des geschwelten, kohlenstoffhaltigen Materials oder gegebenenfalls alles kann in das Verbrennungsaggregat geleitet werden, so daß die in die Direktreduktion chargierte Menge ebenfalls weitgehend flexibel ist. Die Erzeugung der

elektrischen Energie durch die brennbaren Gase ist sehr flexibel. Ein Teil des brennbaren Gases kann auch für andere Zwecke im eigenen Betrieb verwendet werden.

Eine vorzugsweise Ausgestaltung besteht darin, daß die Schwelung und/oder Teilvergasung in einer zirkulierenden Wirbelschicht erfolgt. Die zirkulierende Wirbelschicht ist sehr gut geeignet und flexibel zu betreiben. Ein besonderes geeignetes Verfahren ist in der EP -A - 0 062 363 beschrieben. Wenn das geschwelte kohlenstoffhaltige Material aus der Vergasungsstufe in die Direktreduktion eingesetzt wird, erfolgt keine Chargierung in die Verbrennungsstufe.

Eine vorzugsweise Ausgestaltung besteht darin, daß brennbares Gas in einem Gasspeicher gespeichert und bei Bedarf zur Erzeugung von elektrischer Energie entnommen wird. Durch diese Speicherung wird eine sehr gute Flexibilität erzielt, und auch insbesondere für den Anfahr- und Abfahrbetrieb werden Reserven geschaffen.

Eine vorzugsweise Ausgestaltung besteht darin, daß das brennbare Gas unter Verwendung einer Gasturbine zur Erzeugung elektrischer Energie verwendet wird. Mit einer Gasturbine ist eine sehr schnelle Regelung der erzeugten Energiemenge möglich.

Eine vorzugsweise Ausgestaltung besteht darin, daß backende Kohlen in die zirkulierende Wirbelschicht eingesetzt werden. Dadurch ist ohne zusätzlichen Aufwand die Verwendung dieser Kohlen möglich, die nicht direkt in die Direktreduktion eingesetzt werden können.

----- Eine Ausgestaltung besteht darin, daß das aus dem Austrag der Direktreduktion abgetrennte überschüssige kohlenstoffhaltige Material in den Elektroreduktionsofen eingesetzt wird, zusätzliche Energieträger in einem Verbrennungsaggregat unter Zusatz von sauerstoffhaltigen Gasen verbrannt werden, die heißen Verbrennungsgase und das Abgas der Direktreduktion zur Erzeugung

von elektrischer Energie verwendet werden, wobei die Menge der erzeugten elektrischen Energie so geregelt wird, daß diese mindestens dem maximalen Energieverbrauch des Lichtbogenofens zuzüglich dem minimalen Energiebedarf des Elektroreduktionsofens entspricht, und daß die vom Lichtbogenofen jeweils nicht benötigte Energie im Elektroreduktionsofen umgesetzt wird. Die vollständige Zugabe des abgetrennten überschüssigen Kohlenstoffs in den Elektroreduktionsofen erfolgt dann, wenn dieser Kohlenstoff eine gute Qualität hat und er im Elektroreduktionsofen benötigt wird.

Eine vorzugsweise Ausgestaltung besteht darin, daß die Direktreduktion in einem Drehrohrofen durchgeführt wird. Die als Reduktionsmittel verwendeten Kohlen enthalten meistens höhere Gehalte an flüchtigen Bestandteilen, wie z.B. Braunkohlen, und weisen eine hohe Reaktivität auf.

Die Erfindung wird anhand von Abbildungen näher erläutert.

Wie Figur 1 zeigt, wird in den Drehrohrofen 1 Eisenerz 2 chargiert und zu Eisenschwamm reduziert. Das Austragsmaterial 3 wird in einer Trennstufe 4 in Eisenschwamm 5 und überschüssiges kohlenstoffhaltiges Material getrennt, von dem ein Teil 6a in den Elektroreduktionsofen 7 und der andere Teil 6b in die zirkulierende Wirbelschicht 8 geleitet und mittels Luft 9 verbrannt wird. Das heiße Verbrennungsgas 10 wird in den Dampferzeuger 11 geleitet. Mit dem Dampf 12 wird ein Generator 13 angetrieben. Die erzeugte elektrische Energie wird über Leitung 14 dem Elektroreduktionsofen 7 und dem Lichtbogenofen 16 zugeführt. Das Abgas 17 des Drehrohrofens 1 wird in einer Nachverbrennungskammer 18 unter Zusatz von Luft 19 nachverbrannt. Das heiße Gas 20 wird in den Dampferzeuger 21 geleitet. Mit dem Dampf 22 wird ein Generator 23 angetrieben. Die erzeugte elektrische Energie wird über Leitung 24 in die Leitung 14 eingespeist. Der Eisenschwamm 5 wird zu einem Teil 5a in den Elektroreduktionsofen 7 und zu einem anderen Teil 5b in den Licht-

bogenofen 16 chargiert. Das im Elektroreduktionsofen 7 erzeugte Roheisen wird in den Lichtbogenofen 16 chargiert, aus dem der Stahl 25 abgezogen wird. Dem Lichtbogenofen 16 wird über Leitung 14a immer so viel elektrische Energie zugeführt, wie er benötigt. Die restliche elektrische Energie wird über Leitung 14b in den Elektroreduktionsofen 7 geleitet.

Der Drehrohrofen 1 kann mit Kohle mit hohem Anteil an flüchtigen Bestandteilen betrieben werden, die über 26 in das Beschickungsende chargiert werden und zum Teil von der Einblasvorrichtung 27 in das Austragsende eingeblasen werden. In diesem Fall enthält das Abgas 17 höhere Anteile an brennbaren gasförmigen Bestandteilen und die erzeugte Menge an elektrischer Energie in 24 ist entsprechend groß.

In der zirkulierenden Wirbelschicht 28 kann zusätzlich Kohle 29 mit sauerstoffhaltigen Gasen 30 abgeschwelt und teilverbrannt werden. Das brennbare Gas 31 wird in einer Gasturbine 32, die einen Generator 33 antreibt, verbrannt. Die erzeugte elektrische Energie wird über Leitung 34 in die Leitung 14 eingespeist. Das geschwelte kohlenstoffhaltige Material wird aus der Wirbelschicht 28 über Leitung 35 in den Drehrohrofen 1 chargiert. In diesem Falle wird keine Kohle mit hohem Anteil an flüchtigen Bestandteilen in den Drehrohrofen chargiert und das Abgas 17 enthält nur geringe Anteile an brennbaren, gasförmigen Bestandteilen. Die erzeugte Menge an elektrischer Energie in 24 ist entsprechend geringer.

Die Erzeugung der elektrischen Energie kann durch Zugabe von Kohle 36 in die Wirbelschicht 8 vergrößert werden. Ein Teil des geschwelten kohlenstoffhaltigen Materials aus der Wirbelschicht 28 kann über Leitung 37 in die Wirbelschicht 8 geführt werden.

Über Leitung 40 kann konstant erzeugter überschüssiger Strom für andere Verbraucher des Betriebes entnommen werden.

Im Gasspeicher 38 wird brennbares Gas gespeichert und bei Bedarf abgezogen. Über Leitung 39 kann brennbares Gas für den Betrieb entnommen werden, wenn diese Menge bei der Erzeugung eingeplant ist.

Über Leitung 41 können in den Elektroreduktionsofen 7 Erz und Zuschläge chargiert werden.

Beim Betrieb des Lichtbogenofens wird das im Elektroreduktionsofen erzeugte flüssige, kohlenstoffhaltige Eisen hinsichtlich Menge und Analyse - hauptsächlich Kohlenstoff - so eingestellt, daß die Gesamtkohlenstoffbilanz beim Chargieren des Eisenschwamms ausgeglichen wird. Falls, z.B. durch einen Fehler bei der Eisenschwammerzeugung, Eisenschwamm von geringerem Metallisierungsgrad, z.B. anstatt 92 % nur 85 %, anfällt, kann dieser dennoch verarbeitet werden. Allerdings darf der zu gering metallisierte Eisenschwamm nur zum Chargieren des Elektroreduktionsofens verwendet werden. Es ist also möglich, das Verfahren auch mit Eisenschwamm unterschiedlichen Metallisierungsgrades zu betreiben.

Der im Dampferzeuger 11 erzeugte Dampf kann auch über Leitung 12 zum Generator 23 geleitet werden.

Fig. 2 zeigt ein typisches Belastungsdiagramm für drei Lichtbogenöfen und zwei Elektroreduktionsöfen, die im Verbundbetrieb arbeiten. Auf der x-Achse ist die Zeit in Minuten und auf der y-Achse die Wirkleistung in Megawatt aufgetragen. Die punktierte Kurve zeigt die Summe der zeitlichen Wirkleistungen der Elektroreduktionsöfen, die gestrichelte Kurve die Summe der zeitlichen Wirkleistungen der Lichtbogenöfen und die ausgezogene Kurve die Summe der zeitlichen Wirkleistungen aller Schmelzöfen. Das Diagramm gibt den Ablauf von typischen Arbeitszyklen wieder. Insbesondere läßt sich entnehmen, daß die Summe der Wirkleistungen aller Schmelzöfen verhältnismäßig konstant verläuft, obgleich die Lichtbogenöfen sehr große Stromaufnahmeschwankungen aufweisen.

Die Vorteile der Erfindung bestehen darin, daß das gesamte Schmelzverfahren unabhängig von der Leistungsfähigkeit des zur Verfügung stehenden öffentlichen Versorgungsnetzes durchgeführt werden kann, daß der Betrieb mit minimalem Energiebedarf je Tonne Stahl erfolgt, die Abwärme der den Eisenschwamm erzeugenden Direktreduktion optimal genutzt wird und das überschüssige kohlenstoffhaltige Material des Austrags der Direktreduktion und möglicherweise zusätzlich eingesetzte Kohle umweltfreundlich durch Zusatz von Kalkstein unter Anfall eines deponiefähigen CaSO_4 -haltigen Rückstandes verbrannt werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Stahl durch Einschmelzen von Eisenschwamm im Lichtbogenofen, wobei der Eisenschwamm durch Direktreduktion erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Eisenschwamm auf einem Bad aus flüssigem kohlenstoffhaltigem Eisen im Lichtbogenofen umgesetzt wird, wobei das flüssige kohlenstoffhaltige Eisen (hot metal) ebenfalls aus Eisenschwamm oder vorreduziertem Erz in einem Elektroreduktionsofen erzeugt wird, der in Abhängigkeit von den durch den Lichtbogenofen bedingten elektrischen Lastaufnahme-Schwankungen so geregelt wird, daß eine praktisch gleichbleibende Belastung des elektrischen Netzes resultiert.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die bei der Direktreduktion im Abgas anfallende Abwärme sowie die bei der Direktreduktion und/oder für die Direktreduktion anfallenden Energieträger zur Erzeugung von elektrischer Energie zur Deckung des Energiebedarfs des Elektroreduktionsofen- und Lichtbogenofen-Verbundes verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge und die Analyse des in den Lichtbogenofen als Sumpf eingesetzten kohlenstoffhaltigen Eisens so gewählt wird, daß während des Chargierens von Eisenschwamm in den Lichtbogenofen die Gesamtkohlenstoffbilanz ausgeglichen wird, wobei die Wirkleistung des Lichtbogenofens so geregelt wird, daß sich der Lichtbogenofen im für das Einschmelzen von Eisenschwamm notwendigen thermischen Gleichgewicht befindet.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß Eisenschwamm mit geringerem Metallisationsgrad überwiegend zur Herstellung von flüssigem, kohlenstoffhaltigem Eisen (hot metal) im Elektroreduktionsofen verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das aus dem Austrag der Direktreduktion mit festen kohlenstoffhaltigen Reduktionsmitteln abgetrennte überschüssige kohlenstoffhaltige Material mindestens teilweise in einem Verbrennungsaggregat unter Zusatz von sauerstoffhaltigen Gasen verbrannt wird, die heißen Verbrennungsgase und das Abgas der Direktreduktion zur Erzeugung von elektrischer Energie verwendet werden, wobei die Menge der erzeugten elektrischen Energie so geregelt wird, daß diese mindestens dem maximalen Energiebedarf des Lichtbogenofens zuzüglich dem minimalen Energiebedarf des Elektroreduktionsofens entspricht, und daß die vom Lichtbogenofen jeweils nicht benötigte Energie im Elektroreduktionsofen umgesetzt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Abgas der Direktreduktion vor dem Einsatz in die elektrische Energieerzeugung nachverbrannt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß in das Verbrennungsaggregat weiteres brennbares Material zugeführt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Verbrennungsaggregat eine zirkulierende Wirbelschicht ist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß durch separate Schwelung und/oder Teilvergasung von festem kohlenstoffhaltigem Material ein

brennbares Gas erzeugt wird, das brennbare Gas zur Erzeugung von elektrischer Energie verwendet wird und das geschmolzene feste kohlenstoffhaltige Material in die Direktreduktion und/oder den Elektroreduktionsofen und/oder das Verbrennungsaggregat eingesetzt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwelung und/oder Teilvergasung in einer zirkulierenden Wirbelschicht erfolgt.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß brennbares Gas in einem Gasspeicher gespeichert und bei Bedarf zur Erzeugung von elektrischer Energie entnommen wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das brennbare Gas unter Verwendung einer Gasturbine zur Erzeugung elektrischer Energie verwendet wird.
13. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß backende Kohlen in die zirkulierende Wirbelschicht eingesetzt werden.
14. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das aus dem Austrag der Direktreduktion abgetrennte überschüssige kohlenstoffhaltige Material in den Elektroreduktionsofen eingesetzt wird, zusätzliche Energieträger in einem Verbrennungsaggregat unter Zusatz von sauerstoffhaltigen Gasen verbrannt werden, die heißen Verbrennungsgase und das Abgas der Direktreduktion zur Erzeugung von elektrischer Energie verwendet werden, wobei die Menge der erzeugten elektrischen Energie so geregelt wird, daß diese mindestens dem maximalen Energieverbrauch des Lichtbogenofens zuzüglich dem minimalen Energiebedarf des Elektrore-

duktionsofens entspricht, und daß die vom Lichtbogenofen jeweils nicht benötigte Energie im Elektroreduktionsofen umgesetzt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Direktreduktion in einem Drehrohr-
ofen durchgeführt wird.

Fig.1

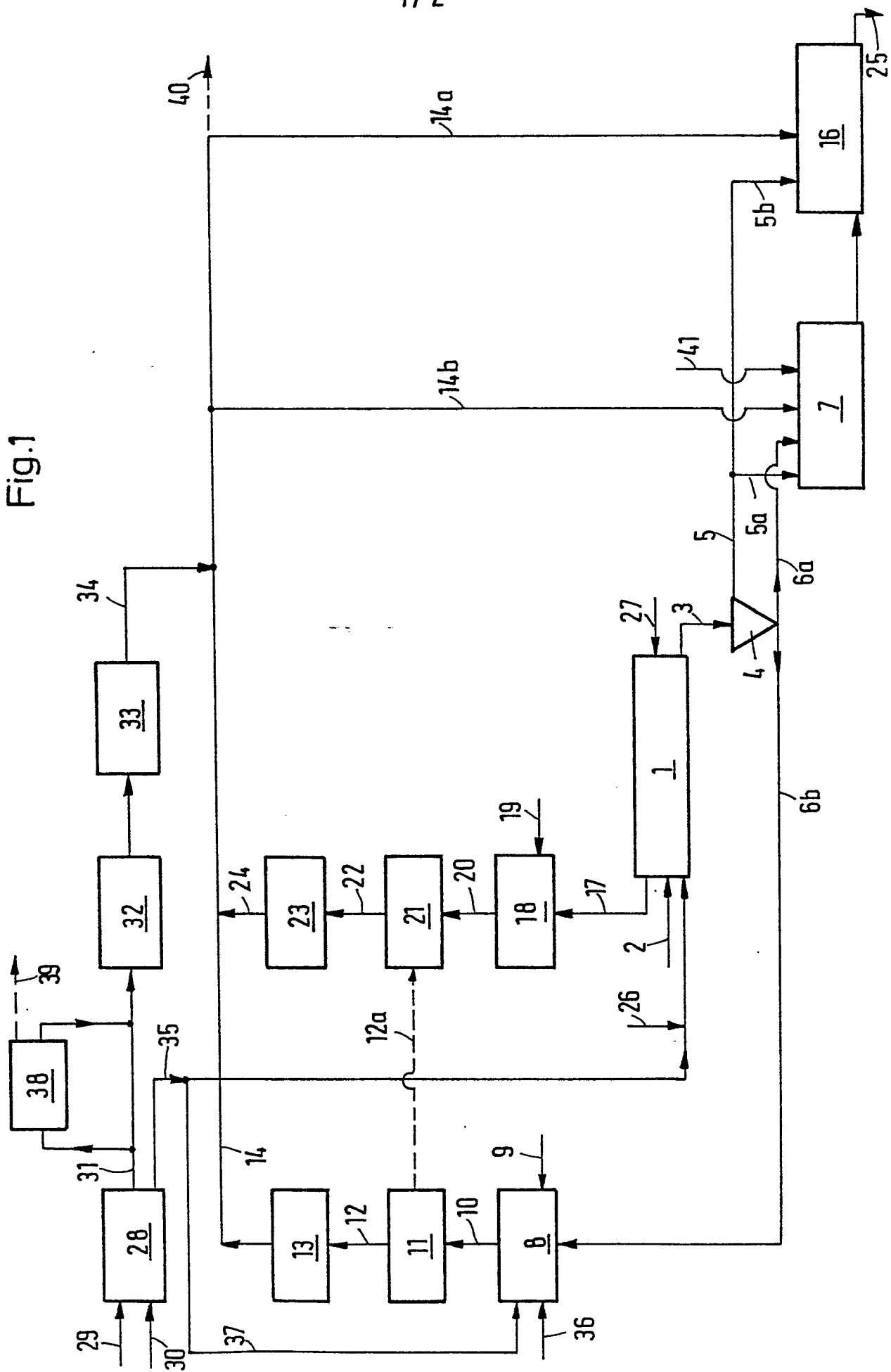
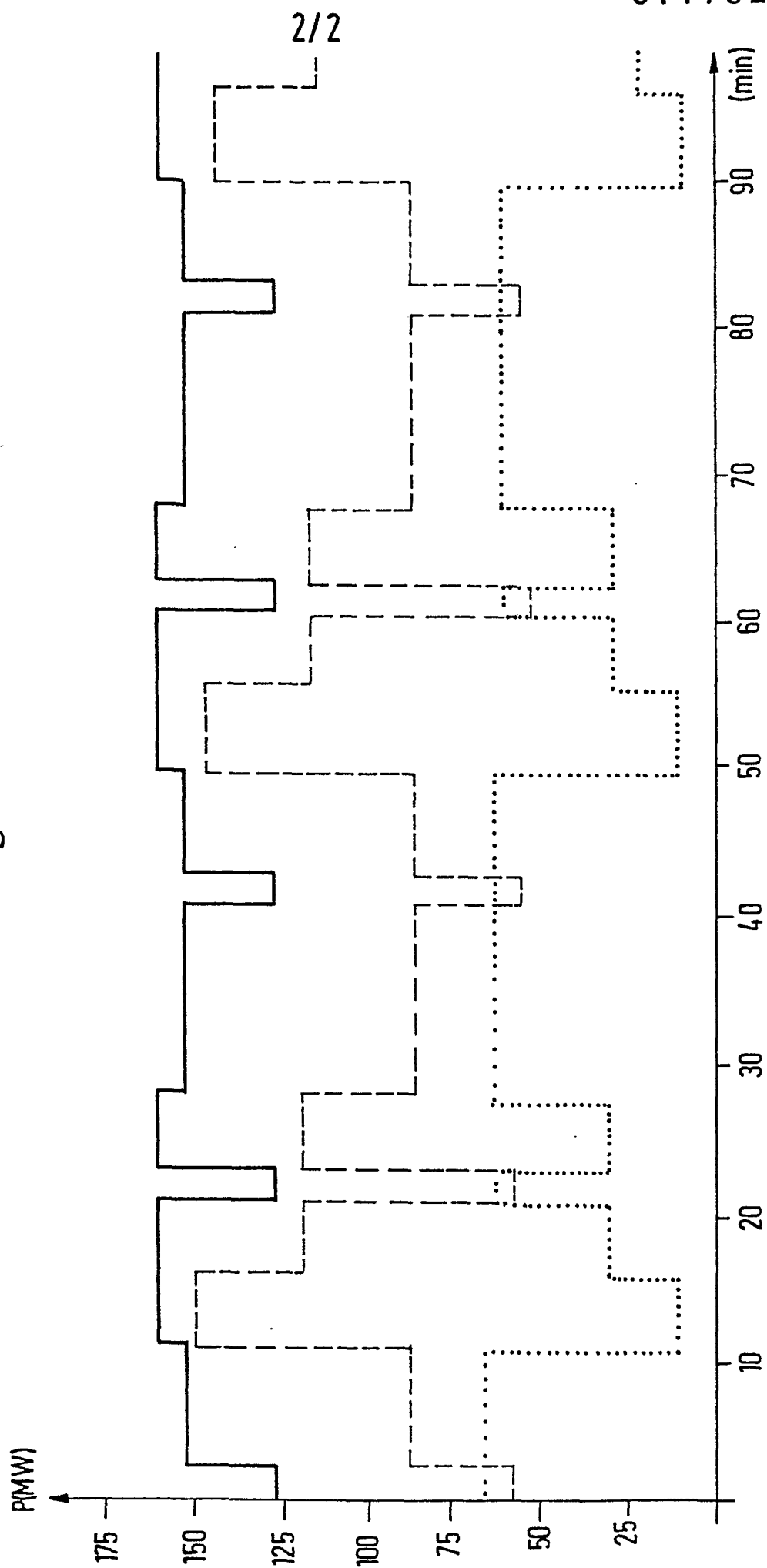


Fig. 2





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			Seite 2														
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. ³)														
1, D	US-A-4 111 158 (REH et al.) -----																
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. ³)														
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.																	
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 19-04-1984	Prüfer OBERWALLENEY R.P.L.I														
<table border="0"><tr><td>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</td><td>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</td></tr><tr><td>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</td><td>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</td></tr><tr><td>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</td><td>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</td></tr><tr><td>A : technologischer Hintergrund</td><td></td></tr><tr><td>O : nichtschriftliche Offenbarung</td><td></td></tr><tr><td>P : Zwischenliteratur</td><td>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</td></tr><tr><td>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</td><td></td></tr></table>				KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	A : technologischer Hintergrund		O : nichtschriftliche Offenbarung		P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist																
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument																
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument																
A : technologischer Hintergrund																	
O : nichtschriftliche Offenbarung																	
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument																
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze																	



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0117928
Nummer der Anmeldung

EP 83 20 1854

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 3)
Y	DE-A-2 841 697 (MANNESMANN) * Ansprüche *	1	C 21 C 5/52 C 21 B 13/14
Y	DE-A-2 127 847 (GONZALEZ DE CASTEJON) * Ansprüche; Abbildung *	1	
Y	DE-A-2 628 972 (PADERWERK) * Ansprüche; Abbildung; Seiten 8,9 *	1,2	
A	BE-A- 503 611 (LUBATTI)		
A	AT-B- 336 052 (VÖEST)		
A	US-A-3 891 427 (PERSSON)		
A	US-A-3 985 544 (COLIN et al.)		
A,D	EP-A-0 062 363 (METALLGESELLSCHAFT)		
A	FR-A-2 353 332 (METALLGESELLSCHAFT)		
	--- -/-		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 19-04-1984	Prüfer OBERWALLENEY R.P.L.I
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN 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 Patentdokument, 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			