



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.09.2024 Patentblatt 2024/38

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C21B 13/12 (2006.01) C21B 13/14 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23162606.0**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C21B 13/12; C21B 13/14; C21B 13/143

(22) Anmeldetag: **17.03.2023**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

- **Großarth, Marius**
47137 Duisburg (DE)
- **Lischke, Falco**
47906 Kempen (DE)
- **Sahin, Cem**
47057 Duisburg (DE)
- **Schubert, Daniel**
47057 Duisburg (DE)
- **Weinberg, Matthias**
47809 Krefeld (DE)

(71) Anmelder: **ThyssenKrupp Steel Europe AG**
47166 Duisburg (DE)

(74) Vertreter: **Zenz Patentanwälte Partnerschaft mbB**
Gutenbergstraße 39
45128 Essen (DE)

(72) Erfinder:
• **Fabry, Matthias Jonas**
48147 Münster (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES ANLAGENVERBUNDS UMFASSEND EINEN ELEKTRISCHEN SCHMELZOFEN UND EINE DIREKTREDUKTIONSANLAGE**

(57) Es wird ein Verfahren zum Betreiben eines Anlagenverbunds beschrieben, der einen elektrischen Schmelzofen und eine Direktreduktionsanlage aufweist.

Während des Betriebs des Anlagenverbunds wird die Schmelzbadmenge ermittelt.

Bei Erreichen oder bei Überschreiten einer vorgegebenen Schmelzbadmengengrenze erfolgt ein Abstich.

Vor dem Abstich wird eine Prüfung auf das Vorhandensein eines Auffangbehältnisses für die Schmelze durchgeführt. Wenn kein transportables Auffangbehältnis vorhanden ist, dann wird der Anlagenverbund von dem regulären Betriebsmodus in einen Pufferbetriebsmodus umgestellt.

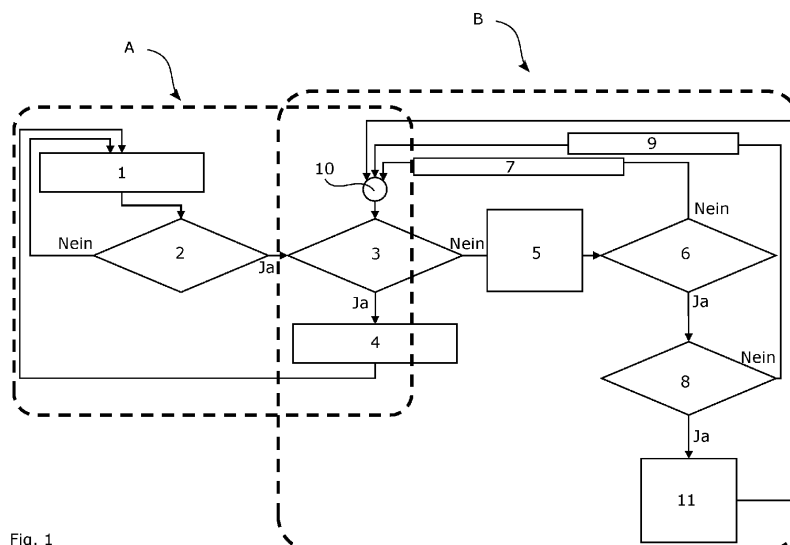


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Anlagenverbunds umfassend einen elektrischen Schmelzofen und eine Direktreduktionsanlage.

[0002] Im Zuge der Bestrebungen, den CO₂-Ausstoß in Zusammenhang mit Stahlherstellung zu reduzieren, erfährt die Stahlerzeugung in einer sogenannten Elektrostahl-Route erhebliche Beachtung. Bei der Elektrostahl-Route wird als Ausgangsstoff direkt reduziertes Eisen (Eisenschwamm), teilweise in reduzierter Form und/oder Schrott, eingesetzt. Dieses Ausgangsmaterial wird in einem Lichtbogen-Schmelzofen (*electric arc furnace*, kurz: EAF) aufgeschmolzen und gegebenenfalls in einem weiteren Schritt mittels Einblasens von Sauerstoff von Sauerstoffaffinen Bestandteilen befreit.

[0003] Aufgrund der erwarteten verstärkten Nutzung von Stahlherstellung mittels Elektrostahl-Route gewinnen Bemühungen an Bedeutung, die Effizienz einer solchen Stahlherstellung zu verbessern. Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Abstimmung der Prozessschritte einer Elektrostahl-Route bereitzustellen.

[0004] Die Erfindung wird gelöst mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0005] Es ist ein Verfahren zum Betreiben eines Anlagenverbunds vorgesehen. Der Anlagenverbund umfasst zumindest einen elektrischen Schmelzofen und eine stromaufwärts des Schmelzofens angeordnete Direktreduktionsanlage. Das Verfahren soll insbesondere als Verfahren zur Herstellung von Roheisen ausgebildet sein.

[0006] Ein wesentlicher Gedanke der vorgestellten Erfindung besteht also darin, dass der Betrieb des Anlagenverbunds insgesamt betrachtet wird, wobei der Anlagenverbund sowohl den Schmelzofen als auch die Direktreduktionsanlage umfasst. Für den aufeinander abgestimmten Betrieb des Anlagenverbunds sind seine Bestandteile, insbesondere der Schmelzofen und die Direktreduktionsanlage, miteinander gekoppelt, beispielsweise über eine gemeinsame Steuereinrichtung, beispielsweise einem Leitstand zur Steuerung.

[0007] Der Begriff der stromaufwärts des Schmelzofens angeordneten Direktreduktionsanlage ist dahingehend zu verstehen, dass der Schmelzofen im Verfahrensablauf unmittelbar auf die Direktreduktionsanlage folgt, das heißt: Das in der Direktreduktionsanlage hergestellte Erzeugnis wird zu dem Schmelzofen befördert und/oder zwischengelagert.

[0008] Die Direktreduktionsanlage ist eine Anlage, in welcher eine Feststoffreaktion stattfindet, bei der Sauerstoff aus dem Eisenerz entfernt wird. Als Reduktionsmittel hierfür werden beispielsweise Kohle oder Erdgas, insbesondere kohlenstoffhaltige und/oder wasserstoffhaltige und/oder kohlenwasserstoffhaltige Gase, oder, in jüngerer Vergangenheit und erwarteter Weise in der Zukunft verstärkt, atomarer beziehungsweise molekularer Wasserstoff als Reduktionsmittel genutzt. Die Reaktion findet

bei einer Temperatur unterhalb des Schmelzpunktes des Eisenerzes statt, sodass die äußere Form weitgehend unverändert bleibt.

[0009] Die Direktreduktionsanlage kann beispielsweise als Schachtofen ausgebildet sein mit einer Reduktionszone, die von dem Eisenerz entgegen der Reduktionsgasrichtung durchlaufen wird. In einer alternativen Ausführungsform kann die Direktreduktionsanlage auch beispielsweise als Drehrohrofen ausgebildet sein, durch welchen das Eisenerz entgegen der Strömungsrichtung des Reduktionsgases befördert wird. Direktreduktionsanlagen als solche sind aus der Praxis gut bekannt.

[0010] Bei dem elektrischen Schmelzofen, auch als Elektrowärmeanlage zum Aufschmelzen von Metall oder Erhitzen von flüssigem Metall bezeichnet, kann es sich beispielsweise um einen Schmelzofen mit direkter Lichtbogeneinwirkung (*electric arc furnace*, Akronym: EAF) handeln, wobei Lichtbögen zwischen der Elektrode und dem Metall gebildet werden. Mögliche Ausführungen sind Wechselstrom-Lichtbogen-Schmelzofen (EAFac), Gleichstrom-Lichtbogen-Schmelzofen (EAFdc) und Pfannenofen (*Ladle furnace*, Akronym: LF).

[0011] Bevorzugt ist der Schmelzofen, der erfindungsgemäß benutzt wird, aber als Schmelzofen mit Lichtbogen-Widerstandserwärmung ausgebildet. Ein solcher Schmelzofen funktioniert auf dem Prinzip, Lichtbögen zwischen der Elektrode und der Charge zu bilden und die Charge oder die Schlacke insbesondere mittels Joule-Effekts zu erwärmen. Schmelzöfen mit Lichtbogen-Widerstandserwärmung können beispielsweise als Lichtbogen-Reduktionsöfen (*submerged electric arc furnace*, Akronym: SAF), bei denen die Elektrode in die Charge oder Schlacke eingetaucht ist, als Wechselstrom-Lichtbogen-Reduktionsöfen (SAFac) oder als Gleichstrom-Lichtbogen-Reduktionsöfen (SAFdc) ausgebildet sein. Andere Ausführungen sind Öfen, bei denen die Elektrode knapp oberhalb der Schlacke endet. Bei diesem Ofentyp ist die Schlacke zumindest im Bereich der Elektrode nicht durch die Charge abgeschirmt. Die Schlacke ist also nach oben hin offen und der sich zur Schlacke ausbildende bürstenförmige Lichtbogen (*brush arc*) von oben einsehbar. Dieser Ofentyp wird als *open slag bath furnace* (OBSF) bezeichnet.

[0012] Besonders bevorzugt ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren der Schmelzofen als Lichtbogen-Reduktionsofen (*submerged electric arc furnace*, SAF) ausgebildet.

[0013] Alternativ besonders bevorzugt ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren der Schmelzofen als *open slag bath furnace* (OBSF) ausgebildet.

[0014] Grundsätzlich erfolgt die Herstellung von Roheisen derart, dass direktreduziertes Eisen und/oder Schrott in einem Schmelzofen, beispielsweise mit Lichtbogen-Widerstandserwärmung, zu einer metallischen Schmelze aufgeschmolzen wird, wobei sich eine Schlacke bildet. Die Schlacke wird durch die Zugabe von Schlackenbildnern konditioniert, insbesondere wird die Zusammensetzung der Schlacke gesteuert. Auch die Zu-

gabe von Kohlenstoffträgern, beispielsweise Kohle oder Koks, kann vorgesehen sein.

[0015] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Anlagenverbund, welcher in der oben beschriebenen Weise zumindest den elektrischen Schmelzofen und die stromaufwärts des Schmelzofens angeordnete Direktreduktionsanlage umfasst, wenigstens zwei Betriebsmodi vorsieht, nämlich einen regulären Betriebsmodus des Anlagenverbunds sowie einen Pufferbetriebsmodus.

[0016] Es ist vorgesehen, dass in dem regulären Betriebsmodus des Anlagenverbunds in dem Schmelzofen Eisenschwamm zu einer metallischen Schmelze, insbesondere Roheisen, aufgeschmolzen wird und in diskreter Folge eine Entnahme von metallischer Schmelze aus dem Schmelzofen mittels Abstichs der Schmelze erfolgt.

[0017] In dem regulären Betriebsmodus werden die nachfolgend genannten Schritte durchgeführt, wobei die Schritte bevorzugt alle parallel stattfinden:

A) In kontinuierlichem Betrieb der Direktreduktionsanlage erfolgt das Reduzieren von Eisenerz mittels reduzierender Gase, insbesondere Wasserstoffs, besonders bevorzugt molekularen Wasserstoffs H_2 , und/oder mittels Erdgases und/oder weiterer Gase wie beispielsweise Kokereigase, zu Eisenschwamm. Besonders bevorzugt ist ein Reduzieren mit einem möglichst hohen Anteil molekularen Wasserstoffs, beispielsweise einem Anteil von > 90 Vol.-% molekularen Wasserstoffs an dem eingesetzten reduzierenden Gas.

B) Hergestellter Eisenschwamm wird fortlaufend zu dem elektrischen Schmelzofen befördert und in den Schmelzofen hineingegeben. Das fortlaufende Befördern kann in kontinuierlicher Weise erfolgen, beispielsweise mit einem Förderband, oder alternativ auch in quasi-kontinuierlicher Weise, beispielsweise mit einem Auffüllen von Transportbehältnissen und einer Beförderung in dem jeweiligen Transportbehältnis nach Erreichen einer bestimmten Füllmenge in dem Transportbehältnis. Bei dem Transportbehältnis kann es sich beispielsweise um einen Eisenbahnwagen handeln. Eine weitere denkbare Ausführung quasi-kontinuierlicher Beförderung ist der Transport über Rohre und/oder Bunker. Neben dem Eisenschwamm werden bevorzugt auch weitere Stoffe in den Schmelzofen eingegeben, besonders bevorzugt werden Zuschlagstoffe zu dem Schmelzofen befördert und in den Schmelzofen hineingegeben, optional zusätzlich Kohlenstoffträger wie Koks und/oder Kohle sowie optional alternativ oder zusätzlich eisenhaltige Stoffe wie beispielsweise Schrott.

C) In dem Schmelzofen wird der hineingegebene Eisenschwamm, mit den bevorzugt ebenfalls eingegebenen Zuschlagstoffen, aufgeschmolzen, wobei sich ein Schmelzbad aus metallischer Schmelze bildet, auf dem eine sich ebenfalls bildende Schlacke schwimmt. Die Eigenschaften der Schlacke werden

bevorzugt über Zuschläge wie beispielsweise Kalk, Sand, Bauxit und/oder ähnliche, gezielt beeinflusst.

D) In diskreter Folge wird ein Abstich entnommen, das heißt: es wird metallische Schmelze aus dem Schmelzofen abgelassen und in ein transportables Auffangbehältnis gegeben, das zuvor einer vorgegebenen Auffangposition positioniert worden ist. Beispielsweise kann für einen geeignet langen Zeitraum eine Ausgabeöffnung an einer Unterseite oder Seitenwand des Schmelzofens geöffnet werden, aus welcher sodann Schmelze ausläuft. Unterhalb der Ausgabeöffnung kann beispielsweise ein als sogenannte Auffangpfanne ausgebildetes Auffangbehältnis positioniert werden. Auffangpfannen können beispielsweise als Bestandteil eines der Fachperson bekannten Pfannenwagens bereitgestellt werden.

[0018] Während des Betriebs des Anlagenverbunds wird eine kontinuierliche oder quasi-kontinuierliche Ermittlung der Schmelzbadmenge durchgeführt, das heißt: es wird in ununterbrochener Weise oder in sich in kurzer Folge regelmäßig oder unregelmäßig wiederholenden Zeitabständen, beispielsweise von höchstens wenigen Minuten oder maximal einer halben Stunde Abstand, die Schmelzbadmenge bestimmt. Als Maß für die Schmelzbadmenge kann beispielsweise ein Höhenniveau der Schlacke innerhalb des Schmelzofens ermittelt werden, welches beispielsweise optisch ermittelt werden kann. Die optische Ermittlung kann beispielsweise mit einer Wärmebildkamera erfolgen. Auch eine sensorische Ermittlung, beispielsweise mittels Radarsensoren oder Ultraschallsensoren kann vorgesehen sein. Die Ermittlung der Schmelzbadmenge kann grundsätzlich beispielsweise auf direktem Weg erfolgen, beispielsweise mittels optischer Inspektion; alternativ kann die Schmelzbadmenge auf indirektem Weg bestimmt werden, beispielsweise mittels fortgeführter Erstellung einer Massenbilanz aus hineingegebenem und entnommenem Material. Eine weitere mögliche Methode der indirekten Bestimmung ist die Ermittlung über elektromagnetische Eigenschaften der Schmelze, die beispielsweise über eine Stromeigenschaft, beispielsweise den elektrischen Widerstand, an einer Elektrode des Schmelzofens ermittelt werden kann.

[0019] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Abstich bei Erreichen oder bei Überschreiten einer vorgegebenen Schmelzbadmengengrenze erfolgt. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform kann dies bedeuten, dass die vorgegebene Schmelzbadmengengrenze unterhalb der maximalen Aufnahmekapazität des Schmelzofens liegt, beispielsweise im Bereich zwischen 40 Prozent und 90 Prozent, bevorzugt zwischen 60 Prozent und 90 Prozent, der Aufnahmekapazität bei Betrachtung des Volumens. Alternativ kann vorgesehen sein, dass die vorgegebene Schmelzbadmenge der maximalen Aufnahmekapazität entspricht oder die vorgegebene Schmelzbadmenge maximal 10 Prozent, bevorzugt maximal 5 Prozent, unterhalb der maximalen Auf-

nahmekapazität liegt.

[0020] Erfindungsgemäß erfolgt vor der tatsächlichen Entnahme des Abstichs als Bestandteil der Durchführung des Abstichs eine Prüfung auf das Vorhandensein des transportablen Auffangbehältnisses an der Auffangposition. Dies kann beispielsweise durch Abfrage mittels eines elektronischen Schalters an der Parkposition des Auffangbehältnisses erfolgen. Aber auch eine manuelle Erfassung nach optischer Inspektion durch eine Werksarbeiterin oder einen Werksarbeiter kann für die Prüfung auf das Vorhandensein des transportablen Auffangbehältnisses vorgesehen sein.

[0021] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass bei positivem Ergebnis der Prüfung auf das Vorhandensein des transportablen Auffangbehältnisses an der Auffangposition der Abstich erfolgt, wohingegen bei negativem Ergebnis der Prüfung auf das Vorhandensein des transportablen Auffangbehältnisses der Anlagenverbund von dem regulären Betriebsmodus in einen Pufferbetriebsmodus umgestellt wird.

[0022] Insgesamt ist also vorgesehen, dass ein Anlagenverbund, umfassend wenigstens einen elektrischen Schmelzofen und eine stromaufwärts des Schmelzofens angeordnete Direktreduktionsanlage, gesamtheitlich betrachtet sowohl einen regulären Betriebszustand als auch einen Pufferbetriebszustand einnehmen kann. Der Eintritt in den Pufferbetriebszustand erfolgt in Abhängigkeit von der Einnahme zweier überwachter Parameter:

1. Der erste Parameter ist die kontinuierlich oder quasikontinuierlich erfasste Schmelzbadmenge, wobei bei Erreichen oder bei Überschreiten der vorgegebenen Schmelzbadmengengrenze eine notwendige Bedingung für den Eintritt in den Pufferbetriebsmodus gegeben ist.
2. Der zweite Parameter ist das Ergebnis der Abfrage des Vorhandenseins des Auffangbehältnisses an der Auffangposition. Das Nichtvorhandensein des Auffangbehältnisses an der Auffangposition ist die hinreichende Bedingung für den Eintritt des Anlagenverbunds in den Pufferbetriebsmodus, welche gemeinsam mit der unter 1. beschriebenen notwendigen Bedingung für den Eintritt in den Pufferbetriebsmodus gegeben sein muss.

[0023] Die beschriebene Vorgehensweise stellt eine Steuerung dar, die Bestandteil eines Regelkreises sein kann, und die auf der regelmäßigen Erfassung zweier Parameter beruht, nämlich der beiden oben genannten und erläuterten Parametern. Die beschriebene Vorgehensweise hat zum Resultat, dass im Rahmen der betrachteten Parameter der reguläre Betriebszustand beibehalten wird, solange eine ausreichend zahlreiche Versorgung mit Auffangbehältnissen sichergestellt ist.

[0024] In einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorgesehen sein, dass in dem Pufferbetriebsmodus nicht mehr wie im regulären Betriebszustand dahingehend vorgegangen wird, dass

ein fortlaufendes Befördern von hergestelltem Eisenschwamms zu dem elektrischen Schmelzofen erfolgt, und am elektrischen Schmelzofen angelangter Eisenschwamm in den Schmelzofen hineingegeben wird, sondern stattdessen der Eisenschwamm zwar unverändert hergestellt wird, aber der für den elektrischen Schmelzofen vorgesehene Anteil des Eisenschwamms jedoch an einer Zwischenlagerposition zwischengelagert wird. Bevorzugt ist das Umstellen von der Beförderung des Eisenschwamms zu dem Schmelzofen und der dortigen Hineingabe in den Schmelzofen hinein hin zu einer Verfahrensweise, bei welcher der Eisenschwamm stattdessen zunächst eine Zwischenlagerung erfährt, der erste Abwandlungsschritt, besonders bevorzugt für einen maximal möglichen ersten Zeitraum auch der einzige Abwandlungsschritt, in welchem der Pufferbetriebsmodus sich von dem regulären Betriebsmodus des Anlagenverbunds unterscheidet. Diese beschriebene Weiterbildung sieht also vor, dass in dem Pufferbetriebsmodus die erfindungsgemäß durchgeführten Schritte A), C) und D) zunächst unverändert durchgeführt werden, dabei lediglich Schritt B) in der beschriebenen abgewandelten Weise durchgeführt wird. Durch diese Vorgehensweise kann in vorteilhafter Weise sichergestellt werden, dass während des ersten Zeitraums das Überleiten des Betriebsmodus des Anlagenverbunds in seinen Pufferbetrieb der Weiterbetrieb des Anlagenverbunds ohne größere Eingriffe in die einzelnen Bestandteile des Anlagenverbunds, insbesondere den Schmelzofen und die Direktreduktionsanlage, möglich ist.

[0025] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens kann alternativ oder zusätzlich vorgesehen sein, dass in dem Pufferbetriebsmodus eine elektrische Betriebsleistung des elektrischen Schmelzofens verringert wird mit der vorteilhaften Folge einer Ersparnis von elektrischer Energie. Besonders bevorzugt wird die Betriebsleistung auf eine minimale Betriebsleistung verringert. Diese vorteilhafte Weiterbildung sieht also gegenüber dem regulären Betriebsmodus die Abwandlung des Schritts C) vor. Die minimale Betriebsleistung kann beispielsweise diejenige Betriebsleistung sein, welche gerade noch die Flüssighaltung der noch in dem Schmelzofen vorhandenen Schmelze gewährleistet und/oder die Vermeidung von irreversiblen Schäden aufgrund der Abkühlung des Schmelzofens vermeidet. Das Betreiben des Schmelzofens mit geringerer Energieaufnahme geht mit einer beträchtlichen Ersparnis elektrischen Stroms einher und ist insbesondere in solchen Fällen vorteilhaft, in denen sich als absehbar erwiesen hat, dass das erneute Bereitstellen eines transportablen Auffangbehältnisses an der Auffangposition des elektrischen Schmelzofens noch eine längere Zeitdauer erfordert.

[0026] Eine bevorzugte Weiterbildung der Vorgehensweise im Pufferbetriebsmodus sieht vor, dass für das Zwischenlagern des Eisenschwamms wenigstens zwei Zwischenlagerpositionen vorgesehen sind, wobei prioritär eine erste Zwischenlagerposition mit aus dem Schritt

A) noch warmen Eisenschwamm (*hot direct reduced iron*, HDRI) aufgefüllt wird. Besonders bevorzugt wird erst nach dem Erreichen einer Aufnahmekapazitätsgrenze der ersten Zwischenlagerposition eine zweite Zwischenlagerposition für längerfristige Lagerhaltung (*cold direct reduced iron*, CDRI) aufgefüllt. Die zwei Zwischenlagerpositionen unterscheiden sich insbesondere auch dahingehend, dass nach einer Rückkehr in den regulären Betriebsmodus ein Hineingeben von Eisenschwamm aus dem Zwischenlager prioritär aus der ersten Zwischenlagerposition heraus erfolgen kann mit dem Vorteil, dass aufgrund der in dem HDRI bei nicht zu langer Lagerung noch vorhandenen Wärmeenergie das Hineingeben in den elektrischen Schmelzofen gegenüber einer alternativen Hineingabe von CDRI energetisch vorteilhaft ist. Es ist auch denkbar, dass mehr als ein Bunker jedes der genannten Arten vorhanden ist.

[0027] Die erste Zwischenlagerposition und die zweite Zwischenlagerposition können beispielsweise als zwei unabhängig voneinander befüllbare und jeweils mit dem Schmelzofen verbundene Bunkergehäuse ausgebildet sein, die jeweils eine öffnen- und schließbare Zuführung zu dem Schmelzofen aufweisen und die bevorzugt oberhalb des Schmelzbads positioniert sind zum schwerkraftgetriebenen Hineingeben des Eisenschwamms in den Schmelzofen nach Öffnung der Zuführung.

[0028] In einer vorteilhaften Weiterbildung der Verfahrensweise in dem Pufferbetriebsmodus wird der kontinuierliche Betrieb der Direktreduktionsanlage in einen Drosselbetrieb umgeschaltet. Das bedeutet, dass in der vorteilhaften Weiterbildung als weitere Maßnahme der Pufferbetriebsmodus eine gegenüber dem regulären Betriebsmodus abgewandelte Vorgehensweise des Schritts A) des regulären Betriebsmodus vorsieht.

[0029] In einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Verfahrensweise in dem Pufferbetriebsmodus wird der kontinuierliche Betrieb der Direktreduktionsanlage nach dem Erreichen einer Aufnahmekapazitätsgrenze der zweiten Zwischenlagerposition, nicht jedoch vorher, in den Drosselbetrieb umgeschaltet. Das bedeutet, dass als weitere Maßnahme der Pufferbetriebsmodus auch eine abgewandelte Vorgehensweise in dem erfindungsgemäßen Schritt A) des regulären Betriebsmodus vorsieht. Der Drosselbetrieb kann beispielsweise dadurch charakterisiert sein, dass der Durchsatz der Herstellung von Eisenschwamm reduziert wird oder alternativ vollständig eingestellt wird.

[0030] Eine besonders bevorzugte Verfahrensvariante des Drosselbetriebs wird nachfolgend beschrieben.

[0031] In der besonders bevorzugten Verfahrensvariante des Drosselbetriebs ist vorgesehen, dass der Anlagenverbund n Schmelzöfen, aber wenigstens zwei Schmelzöfen, umfasst. n bezeichnet dabei eine ganze Zahl größer oder gleich 2. In dieser Verfahrensvariante ist vorgesehen, dass das Umschalten der Direktreduktionsanlage von dem kontinuierlichen Betrieb auf den Drosselbetrieb umfasst, dass in dem Pufferbetriebsmodus des Anlagenverbunds und innerhalb dieses in dem

Drosselbetrieb der Direktreduktionsanlage die Direktreduktionsanlage eine verringerte Menge an Eisenschwamm pro Zeiteinheit herstellt. Das bedeutet insbesondere, dass der Drosselbetrieb nicht vorsieht, dass die Direktreduktionsanlage vollständig stillgelegt wird, sondern dass lediglich von dem pro Zeiteinheit hergestellten Eisenschwamm im regulären Betriebsmodus umgeschaltet wird zu der Herstellung einer geringeren Menge von Eisenschwamm pro Zeiteinheit, was beispielsweise erreicht werden kann mittels geringerer Zufuhr von Edukten sowie von Reaktionsgasen.

[0032] Besonders bevorzugt weist also der Anlagenverbund n Schmelzöfen auf, aber wenigstens zwei Schmelzöfen. Dies ist dahingehend zu verstehen, dass der Anlagenverbund den eingangs beschriebenen elektrischen Schmelzofen aufweist sowie $n-1$ weitere, bevorzugt elektrische, Schmelzöfen. In dieser bevorzugten Weiterbildung ist vorgesehen, dass in dem Pufferbetriebsmodus die $n-1$ weiteren Schmelzöfen unverändert, also wie im regulären Betrieb auch, weiterbetrieben werden. Dies führt zu einer bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens, in welcher in dem Pufferbetriebsmodus, soweit die übrigen ereignisauslösenden Ereignisse eintreffen (insbesondere: Prüfung auf Vorhandensein des transportablen Auffangbehältnisses ist negativ und sowohl erste als auch zweite Zwischenlagerposition haben ihre Aufnahmekapazitätsgrenze erreicht) die in der Direktreduktionsanlage pro Zeiteinheit hergestellte Menge an Eisenschwamm reduziert wird, aber die in der Direktreduktionsanlage pro Zeiteinheit hergestellte Menge an Eisenschwamm nicht auf 0 heruntergefahren wird. Das bedeutet, dass die Direktreduktionsanlage zwar gedrosselt wird, ihr Betrieb jedoch nicht eingestellt wird. Dies bedeutet im Ergebnis, dass ein kontinuierlicher Betrieb der Direktreduktionsanlage mit hoher Wahrscheinlichkeit gewährleistet ist, womit eine entsprechende Betriebssicherheit einhergeht.

[0033] Besonders bevorzugt erfolgt das Verringern der Herstellung von Eisenschwamm in dem Drosselbetrieb so, dass die in dem Drosselbetrieb gegenüber dem regulären Betriebsmodus nicht mehr hergestellte Menge des Eisenschwamms an die Menge angepasst eingestellt wird, bevorzugt: der Menge entsprechend eingestellt wird, die von dem Schmelzofen, welcher in dem Pufferbetriebsmodus abweichend von dem regulären Betriebsmodus betrieben wird, weniger benötigt wird als es im regulären Betriebsmodus der Fall wäre, sie wird also um den nicht mehr angeforderten Eisenschwammdurchsatz, das heißt: Eisenschwammmenge pro Zeiteinheit, reduziert. In einem beispielhaften Fall, in dem das fortlaufende Befördern von hergestelltem Eisenschwamm zu dem elektrischen Schmelzofen eingestellt und das Hineingeben des am elektrischen Schmelzofen angelangten Eisenschwamms in den Schmelzofen hinein eingestellt wird mittels Zwischenlagerns des hergestellten Eisenschwamms an einer Zwischenlagerposition, würde im Drosselbetrieb die Menge des in der Direktreduktionsanlage erzeugten Eisenschwamms derjeni-

gen Menge an Eisenschwamm entsprechen, welche in den n-1 weiteren Schmelzöfen, nicht aber in dem nicht mehr beförderten Schmelzofen, durchgesetzt wird.

[0034] Mit anderen Worten: Bevorzugt wird im Drosselbetrieb der Direktreduktionsanlage die Reduktion der Menge an Eisenschwamm pro Zeiteinheit derart dimensioniert, die Reduktion der Menge an Eisenschwamm derjenigen Menge entspricht, welche der elektrische Schmelzofen, der im Pufferbetriebsmodus mit einer verringerten elektrischen Betriebsleistung betrieben wird oder, bevorzugt, mit einer minimalen Betriebsleistung betrieben wird, oder - alternativ - nicht mehr mit Eisenschwamm befüllt wird, nicht mehr benötigt, beziehungsweise derjenigen Menge entspricht, welche der elektrische Schmelzofen, der im Pufferbetriebsmodus nicht mehr mittels Hineingebens des am elektrischen Schmelzofen angelangten Eisenschwamms in den Schmelzofen hinein versorgt wird, nicht mehr benötigt.

[0035] Alternativ kann der Drosselbetrieb aber auch einem Bereitschaftsmodus entsprechen, in welchem kein Eisenschwamm mehr hergestellt wird. Eine solche Ausführung des Drosselbetriebs ist beispielsweise dann bevorzugt, wenn der Anlagenverbund nur einen Schmelzofen aufweist; oder wenn der Anlagenverbund zwar mehr als einen Schmelzofen aufweist, aber wenn alle Schmelzöfen des Anlagenverbunds eine Schmelzbadmenge oberhalb der vorgegebenen Schmelzbadmengengrenze aufweisen und an keinem der Schmelzöfen das Vorhandensein eines transportablen Auffangbehältnisses festgestellt werden kann.

[0036] Beispielsweise wird in einem Fall, in welchem der Anlagenverbund zwei elektrische Schmelzöfen aufweist, nämlich den elektrischen Schmelzofen sowie einen weiteren elektrischen Schmelzofen, nach dem Erreichen der Aufnahmekapazitätsgrenze der ersten Zwischenlagerposition sowie dem Erreichen der Aufnahmekapazitätsgrenze der zweiten Zwischenlagerposition die Direktreduktionsanlage in den Drosselbetrieb umgeschaltet, wobei die Direktreduktionsanlage in dem Drosselbetrieb eine Menge an Eisenschwamm pro Zeiteinheit produziert, welche im Wesentlichen um den Eisenschwammbedarf des elektrischen Schmelzofens im regulären Betrieb reduziert ist; die im Drosselbetrieb also tatsächlich noch produzierte Menge an Eisenschwamms entspricht folglich der nur von dem weiteren Schmelzofen allein, also dem zweiten Schmelzofen, für ein Einschmelzen noch durchsetzbaren Menge an Eisenschwamm pro Zeiteinheit.

[0037] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass in dem Pufferbetriebsmodus die Prüfung auf das Vorhandensein des Auffangbehältnisses an der Auffangposition in quasikontinuierlicher Weise wiederholt wird - beispielsweise in regelmäßiger Folge im Abstand von maximal 5 Minuten -, und dass, sobald die Prüfung erstmals wieder ein positives Ergebnis der Prüfung auf das Vorhandensein des transportablen Auffangbehältnisses an der Auffangposition ergibt, der Abstich erfolgt und, gegebenenfalls mit einer vorgegebenen La-

tenzzeit, eine Umstellung des Betriebsmodus des Anlagenverbunds von dem Pufferbetriebsmodus in den regulären Betriebsmodus erfolgt.

[0038] Die Ermittlung der Schmelzbadmenge kann beispielsweise mittels optischer Inspektion erfolgen oder mittels Massenbilanzaufstellung durchgeführt werden, also einer Bilanzierung der Massen der in den Schmelzofen hinein gegebenen Edukte einerseits wie auch der aus dem Schmelzofen abgelassenen Produkte beziehungsweise Beiprodukte.

[0039] In einer optionalen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens oder seiner Weiterbildungen kann vorgesehen sein, dass der Anlagenverbund zusätzlich zu der Direktreduktionsanlage wenigstens eine weitere Direktreduktionsanlage aufweist, wobei die Betriebsführung aller Direktreduktionsanlagen des Anlagenverbunds über eine gemeinsame Steuereinrichtung gesteuert wird. In diesem Fall kann in dem Pufferbetriebsmodus vorgesehen sein, dass nach dem Erreichen einer Aufnahmekapazitätsgrenze der Zwischenlagerposition der kontinuierliche Betrieb genau einer Direktreduktionsanlage der Direktreduktionsanlagen des Anlagenverbunds in einen ersten Drosselbetrieb umgeschaltet wird, um die Menge des hergestellten Eisenschwamms zu reduzieren. Bevorzugt erfolgt diese Reduktion in dem Umfang, wie er in dem Pufferbetriebsmodus des Schmelzofens von diesem nicht mehr angefordert wird. Bei zunehmend sinkender Anforderung von Eisenschwamm durch den Schmelzofen oder die Menge mehrerer Schmelzöfen kann die Menge in dem ersten Drosselbetrieb hergestellten Eisenschwamms reduziert werden solange, bis eine Umschaltung der ersten Direktreduktionsanlage in ihren Bereitschaftsmodus erfolgt. Erst nach diesem Umschalten wird, sofern die Anforderung von Eisenschwamm noch weiter sinkt, eine weitere Direktreduktionsanlage des Anlagenverbunds ebenfalls in einen Drosselbetrieb umgeschaltet.

[0040] In einer alternativen Betriebsführung der Menge mehrerer Direktreduktionsanlagen wird im Gegensatz zu der oben beschriebenen Vorgehensweise der kontinuierliche Betrieb wenigstens zweier, bevorzugt aller, Direktreduktionsanlagen des Anlagenverbunds in einen Drosselbetrieb umgeschaltet. Bevorzugt werden alle Direktreduktionsanlagen des Anlagenverbunds mit einer im Wesentlichen gleichmäßigen Verteilung des Verringerens der Herstellung von Eisenschwamm angesteuert. Das heißt, dass ähnlich wie bei der ersten Alternative die Menge an hergestelltem Eisenschwamm reduziert wird, diese Reduktion aber von allen Direktreduktionsanlagen gleichmäßig, entweder im gleichen Gesamtumsatz oder im gleichen Anteil des jeweiligen Maximalumsatzes, getragen wird. Insbesondere bei absehbar nur kurzzeitigem Erfordernis eines Drosselbetriebs weist diese Vorgehensweise den Vorteil auf, dass alle Direktreduktionsanlagen unterbrechungslos und nur mit geringer Abweichung vom Normalbetrieb weiterbetrieben werden können.

[0041] Der dargestellten Fig. 1 ist eine Prinzipskizze

zu entnehmen, die ein beispielhaftes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt.

[0042] Der Anlagenverbund umfasst in einer beispielhaften Ausführungsform eine Direktreduktionsanlage sowie zwei elektrische Schmelzöfen, beispielsweise vom Typ SAF. Es erfolgt eine Regelung, die anhand eines der beiden Schmelzöfen beschrieben wird, wohingegen auf den anderen der beiden Schmelzöfen als "weiterer Schmelzofen" oder zweiter Schmelzofen Bezug genommen wird.

[0043] Der Anlagenverbund wird betrieben, und zwar vorzugsweise solange, wie möglich, in einem regulären Betriebsmodus, wie es in dem Flussdiagramm, Teil A, dargestellt ist. In beiden Schmelzöfen wird Eisenschwamm, optional mit zusätzlicher Zugabe weiterer eisenhaltiger Stoffe wie beispielsweise Schrott, zu einer metallischen Schmelze, insbesondere Roheisen, aufgeschmolzen. In kontinuierlichem Betrieb der Direktreduktionsanlage wird Eisenerz mittels reduzierender Gase, bevorzugt mittels Wasserstoffs und/oder mittels Erdgases, zu Eisenschwamm reduziert. Fortlaufend wird hergestellter Eisenschwamm zu dem elektrischen Schmelzofen befördert und am elektrischen Schmelzofen angelangter Eisenschwamm in den Schmelzofen hineingegeben. In dem Schmelzofen wird der Eisenschwamm unter Bildung eines Schmelzbads aus metallischer Schmelze und einer auf der metallischen Schmelze schwimmenden Schlacke aufgeschmolzen. Dieser Betrieb des Anlagenverbunds wird im regulären Betriebsmodus innerhalb des Flussdiagramms von dem Rechteck 1 repräsentiert.

[0044] Während des Betriebs des Anlagenverbunds erfolgt eine kontinuierliche oder quasi-kontinuierliche Ermittlung der Schmelzbadmenge, repräsentiert durch Verzweigung 2. Es kann beispielsweise eine Abfrage nach Erreichen oder Überschreiten einer vorgegebenen Schmelzbadmengengrenze erfolgen. Solange die Bedingung nicht erfüllt ist, läuft der oben beschriebene Prozess in regulärem Betriebsmodus weiter, siehe Nein-Abzweigung. Sobald die Bedingung erfüllt ist, wird innerhalb des regulären Betriebsmodus ein Abstich vorgesehen, dem jedoch eine - siehe Ja-Abzweigung - eine Prüfung auf das Vorhandensein eines transportablen Auffangbehältnisses an der Auffangposition, beispielsweise einer Schmelzenpfanne, vorangestellt ist, und zwar in Verzweigung 3. Nach positivem Ergebnis der Prüfung auf das Vorhandensein des transportablen Auffangbehältnisses an der Auffangposition, also dann, wenn beispielsweise eine Pfanne an der Auffangposition positioniert ist, erfolgt der Abstich 4. Anderenfalls, also bei negativem Ergebnis der Prüfung auf das Vorhandensein des transportablen Auffangbehältnisses, wird der Anlagenverbund entlang der Nein-Abzweigung ausgehend von Verzweigung 3 von dem regulären Betriebsmodus in einen Pufferbetriebsmodus umgestellt, der von Teil B des Flussdiagramms repräsentiert wird.

[0045] Repräsentiert durch Rechteck 5: In dem Pufferbetriebsmodus wird gemäß einer Ausführungsform die

elektrische Betriebsleistung des elektrischen Schmelzofens zum Einsparen von elektrischer Energie verringert, beispielsweise auf die für den vorliegenden Typ des Schmelzofens minimale zulässige Betriebsleistung. Zudem wird der Eisenschwamm, der zur Zugabe in den Schmelzofen vorgesehen gewesen ist, und weiterhin in unverminderter Menge pro Zeiteinheit hergestellt wird, nicht mehr in den Schmelzofen eingeführt, sondern stattdessen an einer Zwischenlagerposition zwischengelagert.

[0046] Das Zwischenlagern erfolgt in der dargestellten beispielhaften Variante, indem prioritär eine erste Zwischenlagerposition mit aus dem Schritt A) noch warmem Eisenschwamm (HDRI) aufgefüllt wird, repräsentiert durch Verzweigung 6, Abzweigung "Nein" sowie Rechteck 7. Erst nach Auffüllen der ersten Zwischenlagerposition, konkret: nach dem Erreichen einer Aufnahmekapazitätsgrenze der ersten Zwischenlagerposition, wird eine zweite Zwischenlagerposition für längerfristige Lagerhaltung (CDRI) aufgefüllt, repräsentiert durch Verzweigung 8, Abzweigung "Nein" sowie Rechteck 9.

[0047] In dem Pufferbetriebsmodus erfolgt in quasikontinuierlicher Weise eine erneute Prüfung auf das Vorhandensein des Auffangbehältnisses an der Auffangposition, repräsentiert durch Kreis 10. Sobald die Prüfung erstmals wieder ein positives Ergebnis der Prüfung auf das Vorhandensein des transportablen Auffangbehältnisses an der Auffangposition ergibt, erfolgt der Abstich und die Rückkehr des Betriebsmodus des Anlagenverbunds von dem Pufferbetriebsmodus in den regulären Betriebsmodus.

[0048] Sobald die Aufnahmekapazitätsgrenze der zweiten Zwischenlagerposition erreicht wurde, wird die Direktreduktionsanlage in einen Drosselbetrieb umgeschaltet, siehe Verzweigung 8, Abzweigung "Ja". Der Betrieb der Direktreduktionsanlage erfolgt hiernach mit vermindertem Ausstoß, wobei der Ausstoß im Wesentlichen derart dimensioniert wird, dass der verbleibende Ausstoß an die Versorgung des unverändert betriebenen zweiten elektrischen Schmelzofens angepasst ist, siehe Rechteck 11. Der gedrosselte Betrieb der Direktreduktionsanlage wird also an die Aufnahmekapazität des zweiten Schmelzofens für Eisenschwamm angepasst.

[0049] Auch alternative Ausführungsformen des Verfahrens sind möglich. In einer Alternative, in welcher der Anlagenverbund nicht zwei, sondern nur einen Schmelzofen aufweist, sieht der Drosselbetrieb einen Übergang der Direktreduktionsanlage in einen Bereitschaftsbetriebsmodus vor, in welchem keine Herstellung von Eisenschwamm mehr erfolgt.

[0050] Es erfolgt also eine Regelung des Anlagenverbunds, wobei als Regelgrößen die Schmelzbadmenge und das Vorhandensein eines Auffangbehältnisses genutzt werden. Durch die beschriebene vorgesehene Reihenfolge der Prüfung der Betriebszustände und der getroffenen Maßnahmen wird ein hohes Maß an Stabilität und Betriebssicherheit erreicht. Ein besonderer Vorteil der beschriebenen Schrittfolge ist, dass der Weiterbe-

trieb der Direktreduktionsanlage bei vergleichsweise hoher Auslastung sichergestellt ist, was unter anderem durch vorangestelltes Zwischenlagern von hergestelltem Eisenschwamm erreicht werden kann. Weiterhin ergibt sich aus der gemäß einigen Weiterbildungen vorgesehenen Nutzung von mehr als einem Schmelzofen die Möglichkeit, eine vollständige Stilllegung des Anlagenverbunds mit hoher Wahrscheinlichkeit vermeiden zu können.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Anlagenverbunds umfassend einen elektrischen Schmelzofen und eine stromaufwärts des Schmelzofens angeordnete Direktreduktionsanlage, insbesondere zur Herstellung von Roheisen, wobei in einem regulären Betriebsmodus des Anlagenverbunds in dem Schmelzofen Eisenschwamm - optional mit zusätzlicher Zugabe weiterer Stoffe wie beispielsweise Schrott, Kohlenstoffträgern und/oder Schlackenbildnern - zu einer metallischen Schmelze, insbesondere Roheisen, aufgeschmolzen wird und in diskreter Folge eine Entnahme von metallischer Schmelze und/oder Schlacke aus dem Schmelzofen mittels Abstichs der Schmelze erfolgt, indem die folgenden Schritte durchgeführt werden:

A) In kontinuierlichem Betrieb der Direktreduktionsanlage Reduzieren von Eisenerz mittels reduzierenden Gases, insbesondere mittels Wasserstoffs und/oder mittels Erdgases, zu Eisenschwamm;

B) fortlaufendes Befördern von hergestelltem Eisenschwamm zu dem elektrischen Schmelzofen und Hineingeben des am elektrischen Schmelzofen angelangten Eisenschwamms in den Schmelzofen hinein;

C) Aufschmelzen des in den Schmelzofen hineingegebenen Eisenschwamms unter Bildung eines Schmelzbads aus metallischer Schmelze und einer auf der metallischen Schmelze schwimmenden Schlacke;

D) in diskreter Folge Entnahme eines Abstichs, das heißt: Ablassen von metallischer Schmelze aus dem Schmelzofen in ein transportables Auffangbehältnis, das an einer vorgegebenen Auffangposition positioniert ist,

wobei

während des Betriebs des Anlagenverbunds eine kontinuierliche oder quasi-kontinuierliche Ermittlung der Schmelzbadmenge durchgeführt wird, wobei

der Abstich erfolgt bei Erreichen oder bei Überschreiten einer vorgegebenen Schmelzbad-

mengengrenze, wobei vor dem Abstich eine Prüfung auf das Vorhandensein des transportablen Auffangbehältnisses an der Auffangposition durchgeführt wird, wobei bei positivem Ergebnis der Prüfung auf das Vorhandensein des transportablen Auffangbehältnisses an der Auffangposition der Abstich erfolgt und bei negativem Ergebnis der Prüfung auf das Vorhandensein des transportablen Auffangbehältnisses der Anlagenverbund von dem regulären Betriebsmodus in einen Pufferbetriebsmodus umgestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Pufferbetriebsmodus

eine elektrische Betriebsleistung des elektrischen Schmelzofens verringert wird zum Einsparen von elektrischer Energie, bevorzugt verringert auf eine minimale Betriebsleistung.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Pufferbetriebsmodus

das fortlaufende Befördern von hergestelltem Eisenschwamm zu dem elektrischen Schmelzofen eingestellt und Hineingeben des am elektrischen Schmelzofen angelangten Eisenschwamms in den Schmelzofen hinein eingestellt wird mittels Zwischenlagerns des hergestellten Eisenschwamms an einer Zwischenlagerposition.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Pufferbetriebsmodus nach dem Erreichen einer Aufnahmekapazitätsgrenze der Zwischenlagerposition der kontinuierliche Betrieb der Direktreduktionsanlage in einen Drosselbetrieb umgeschaltet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Pufferbetriebsmodus eine erste Zwischenlagerposition mit aus dem Schritt A) noch warmen Eisenschwamm (HDRI) aufgefüllt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Pufferbetriebsmodus die erste Zwischenlagerposition und eine zweite Zwischenlagerposition mit im Schritt A) hergestelltem Eisenschwamm aufgefüllt wird, bevorzugt zuerst die erste Zwischenlagerposition mit aus dem Schritt A) noch warmen Eisenschwamm (HDRI) aufgefüllt wird, und nach dem Erreichen einer Aufnahmekapazitätsgrenze der ersten Zwischenlagerposition eine zweite Zwischenlagerposition für längerfristige Lagerhaltung (CDRI) aufgefüllt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Zwischenlagerposition und die zweite Zwischenlagerposition zwei unabhängig voneinander befüllbare und jeweils mit dem Schmelzofen gekoppelte Bunkergehäuse sind, wobei wenigstens die erste Zwischenlagerposition mit dem Schmelzofen verbunden ist, eine öffnen- und schließbare Zuführung zu dem Schmelzofen aufweist und bevorzugt oberhalb des Schmelzbads positioniert ist zum schwerkraftgetriebenen Hineingeben des Eisenschwamms in den Schmelzofen, bevorzugt beide Zwischenlagerpositionen mit dem Schmelzofen verbunden sind, jeweils eine öffnen- und schließbare Zuführung zu dem Schmelzofen aufweisen und bevorzugt oberhalb des Schmelzbads positioniert sind zum schwerkraftgetriebenen Hineingeben des Eisenschwamms in den Schmelzofen.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Pufferbetriebsmodus nach dem Erreichen einer Aufnahmekapazitätsgrenze der zweiten Zwischenlagerposition der kontinuierliche Betrieb der Direktreduktionsanlage in einen Drosselbetrieb umgeschaltet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 4 oder nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anlagenverbund n Schmelzöfen, aber wenigstens zwei Schmelzöfen, umfasst, wobei in dem Pufferbetriebsmodus die Direktreduktionsanlage zum Verringern der Menge des hergestellten Eisenschwamms in den Drosselbetrieb umgeschaltet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 4 oder nach Anspruch 8 oder nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Direktreduktionsanlage zum Verringern der Herstellung von Eisenschwamm in den Drosselbetrieb umgeschaltet wird, bevorzugt zum Verringern um den in dem Pufferbetriebsmodus nicht mehr angeforderten Eisenschwammdurchsatz des Schmelzofens, der in dem Pufferbetriebsmodus abweichend von dem regulären Betriebsmodus betrieben wird, insbesondere betrieben wird nach einem der Ansprüche 2 oder 3.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anlagenverbund n Schmelzöfen, aber wenigstens zwei Schmelzöfen, umfasst, das heißt: den elektrischen Schmelzofen und n-1 weitere Schmelzöfen, wobei in dem Pufferbetriebsmodus die n-1 weiteren Schmelzöfen wie im regulären Betrieb weiterbetrieben werden.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass**, sobald alle Schmelzöfen eine Schmelzbadmenge oberhalb der vorgegebenen Schmelzbadmengengrenze aufweisen und an keinem der Schmelzöfen das Vorhandensein eines transportablen Auffangbehältnisses festgestellt werden kann, die Direktreduktionsanlage in einen als Bereitschaftsmodus ausgebildeten Drosselbetrieb umgeschaltet wird, in welchem die Herstellung von Eisenschwamm gestoppt ist.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Pufferbetriebsmodus die Prüfung auf das Vorhandensein des Auffangbehältnisses an der Auffangposition in quasikontinuierlicher Weise wiederholt wird, und dass, sobald die Prüfung erstmals wieder ein positives Ergebnis der Prüfung auf das Vorhandensein des transportablen Auffangbehältnisses an der Auffangposition ergibt, der Abstich erfolgt und eine Umstellung des Betriebsmodus des Anlagenverbunds von dem Pufferbetriebsmodus in den regulären Betriebsmodus erfolgt.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- die Ermittlung der Schmelzbadmenge mittels optischer Inspektion erfolgt, oder
 - die Ermittlung der Schmelzbadmenge mittels Massenbilanzaufstellung erfolgt, oder
 - die Ermittlung der Schmelzbadmenge taktil erfolgt, oder
 - die Ermittlung der Schmelzbadmenge mittels Radarsensoren oder mittels Ultraschallsensoren erfolgt.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anlagenverbund zusätzlich zu der Direktreduktionsanlage wenigstens eine weitere Direktreduktionsanlage aufweist, wobei die Betriebsführung aller Direktreduktionsanlagen des Anlagenverbunds über eine gemeinsame Steuereinrichtung gesteuert wird, wobei in dem Pufferbetriebsmodus nach dem Erreichen einer Aufnahmekapazitätsgrenze der Zwischenlagerposition
- der kontinuierliche Betrieb genau einer Direktreduktionsanlage der Direktreduktionsanlagen des Anlagenverbunds in einen ersten Drosselbetrieb umgeschaltet wird zum Verringern der Herstellung von Eisenschwamm, bevorzugt zum Verringern um den in dem Pufferbetriebsmodus nicht mehr angeforderten Eisenschwammdurchsatz des Schmelzofens, der in dem Pufferbetriebsmodus abweichend von dem regulären Betriebsmodus betrieben wird, insbesondere betrieben wird nach einem der Ansprüche

che 2 oder 3, und eine weitere Direktreduktions-
anlage des Anlagenverbunds der Direktredukti-
onsanlagen erst dann ebenfalls in einen Dros-
selbetrieb umgeschaltet wird, nachdem die in
den ersten Drosselbetrieb umgeschaltete Direk- 5
treduktionsanlage in einen als Bereitschafts-
modus ausgebildeten Drosselbetrieb umgeschaltet
worden ist, in welchem die Herstellung von Ei-
senschwamm gestoppt ist, oder
- der kontinuierliche Betrieb wenigstens zweier, 10
bevorzugt aller, Direktreduktionsanlagen des
Anlagenverbunds in einen Drosselbetrieb um-
geschaltet wird zum Verringern der Herstellung
von Eisenschwamm in den Drosselbetrieb, be-
vorzugt zum Verringern um den in dem Puffer- 15
betriebsmodus nicht mehr angeforderten Eisen-
schwammdurchsatz des Schmelzofens, der in
dem Pufferbetriebsmodus abweichend von dem
regulären Betriebsmodus betrieben wird, insbe-
sondere betrieben wird nach einem der Ansprü- 20
che 2 oder 3, wobei bevorzugt alle Direktreduk-
tionsanlagen des Anlagenverbunds mit einer im
Wesentlichen gleichmäßig verteilten Verringe-
rung der Herstellung von Eisenschwamm ange-
steuert werden. 25

30

35

40

45

50

55

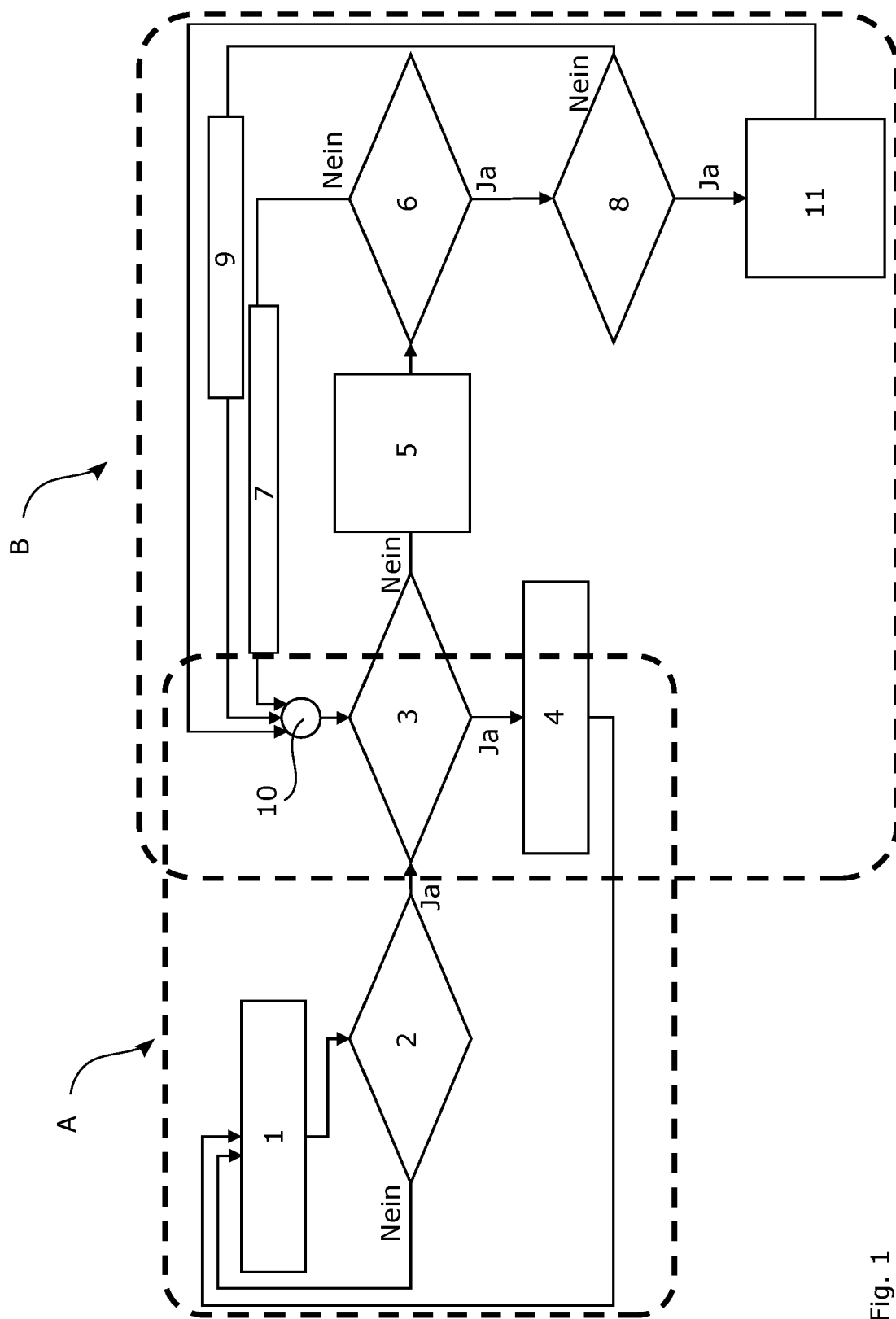


Fig. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 16 2606

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 2022/235426 A1 (DUARTE ESCAREÑO PABLO ENRIQUE [MX]) 28. Juli 2022 (2022-07-28) * Abbildungen 1, 2 * * Absatz [0009] - Absatz [0012] * * Absatz [0015] - Absatz [0040] * -----	1-15	INV. C21B13/12 C21B13/14
A	US 2021/301359 A1 (ASTORIA TODD MICHAEL [US] ET AL) 30. September 2021 (2021-09-30) * Abbildungen 1-5 * * Absatz [0002] * * Absatz [0009] - Absatz [0013] * * Absatz [0024] - Absatz [0061] * -----	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C21B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 18. August 2023	Prüfer Jung, Régis
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 Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 23 16 2606

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

18-08-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	US 2022235426 A1	28-07-2022	CN 113924372 A	11-01-2022
			EP 3980566 A1	13-04-2022
			JP 2022535446 A	08-08-2022
			US 2022235426 A1	28-07-2022
			WO 2020245070 A1	10-12-2020
20	US 2021301359 A1	30-09-2021	AR 122397 A1	07-09-2022
			BR 112022019079 A2	29-11-2022
			CA 3171742 A1	30-09-2021
			CN 115315533 A	08-11-2022
			EP 4127250 A1	08-02-2023
			US 2021301359 A1	30-09-2021
			WO 2021195161 A1	30-09-2021
25			ZA 202210583 B	28-06-2023
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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