



(11)

**EP 4 442 841 A1**

(12)

## **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**09.10.2024 Patentblatt 2024/41**

(21) Anmeldenummer: **24165101.7**

(22) Anmeldetag: **21.03.2024**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**C21B 11/10** (2006.01)      **C21B 13/00** (2006.01)  
**C21B 13/12** (2006.01)      **C21C 5/52** (2006.01)  
**C21C 7/00** (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**C21B 11/10; C21B 13/0013; C21B 13/008;**  
**C21B 13/12; C21C 5/5211; C21C 5/5229;**  
C21C 2005/5276; C21C 2007/0031

(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:  
**GE KH MA MD TN**

(30) Priorität: **28.03.2023 DE 102023107828**

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

(72) Erfinder:

- **Jäger, Nils**  
45470 Mülheim an der Ruhr (DE)
- **Schubert, Daniel**  
47057 Duisburg (DE)
- **Weinberg, Matthias**  
47809 Krefeld (DE)

(74) Vertreter: **ThyssenKrupp Steel Europe AG  
Patente/Patent Department  
Kaiser-Wilhelm-Straße 100  
47166 Duisburg (DE)**

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER EISENSCHMELZE UND FLÜSSIGSCHLACKE IN  
EINEM ELEKTRISCHEN EINSCHMELZER**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Eisenschmelze und Flüssigschlacke in einem elektrischen Einschmelzer nach Anspruch 1.

**EP 4 442 841 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Eisenschmelze in einem elektrischen Einschmelzer.

**[0002]** Verfahren und Vorrichtungen zum Herstellen von Eisenschmelzen und Flüssigsschlacken in elektrischen Einschmelzern sind im Stand der Technik beschrieben, vgl. beispielsweise EP 3 954 786 A1.

**[0003]** Gänzlich andere Industriezweige beschäftigen sich mit der Verwendung von Faser-Kunststoff-Verbunden als Konstruktionsmaterial. Glasfaserverstärkter Kunststoff (im folgenden GFK) kommt beispielsweise beim Bau von Windkraftanlagenflügel zum Einsatz. Dagegen ist kohlefaserverstärkter Kunststoff (im folgenden CFK) ein beliebtes Material im Automobil- oder Flugzeugbau. Bislang sind Bauteile mit diesen Faser-Kunststoff-Verbunden schwer zu entsorgen. Insbesondere gibt es noch keine wirtschaftliche Lösung kurzfaselige CFK-Reststoffe überhaupt zu entsorgen. Eine Verbrennung in einer Müllverbrennungsanlage oder einem Drehrohrofen kann die Kohlefasern nicht vollständig verbrennen. Die inneren Faserlagen sind thermisch isoliert, die Verweildauern zu kurz und freigesetzte Faserreste sind leitfähig und erzeugen Kurzschlüsse in der elektrischen Abluftreinigung. Unverbranntes CFK findet sich im Rost der Müllverbrennungsanlagen wieder und muss speziell deponiert werden. Die Deponierung ist aufgrund des hohen C-Gehalts nicht vorgesehen und zudem kostenintensiv. Aus der DE 10 2021 114 676 A1 ist ein Verfahren zur Verwertung und/oder Entsorgung von kohlenstoffhaltigen Carbonfasern und carbonfaserhaltigen und/oder carbonfaserverstärkten Kunststoffen in metallurgischen Schlackensystemen bekannt. Der Kohlenstoff der Carbonfasern soll während der Wärmebehandlung im Schlackensystem mit Sauerstoff zu Kohlenstoffmonoxid und/oder Kohlenstoffdioxid oxidieren und als Reaktionsgas aus dem System abgeführt werden.

**[0004]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Weiterverwertungsmöglichkeit von gebrauchten Faser-Kunststoffverbunden oder Produktionsresten der Herstellung der Faser-Kunststoffverbunde bereitzustellen.

**[0005]** Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Weiterführende Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

**[0006]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Eisenschmelze und einer Flüssigsschlacke in einem elektrischen Einschmelzer, wobei eisenhaltige und kohlenstoffhaltige Einsatzstoffe sowie Schlackenbildner eingebracht und erschmolzen werden, wobei der elektrische Einschmelzer mehrere Elektroden umfasst, welche die zum Erschmelzen benötigte Energie bereitstellen, um die Einsatzstoffe und die Schlackenbildner in eine Flüssigphase umfassend eine Eisenschmelze und eine auf der Eisenschmelze angeordnete Flüssigsschlacke zu überführen, wobei nach einer Lehre

- als kohlenstoffhaltige Einsatzstoffe kohlenstoffverstärkter Kunststoff verwendet werden; nach einer alternativen Lehre

5 - als Schlackenbildner glasfaserverstärkter Kunststoff verwendet werden; nach einer weiteren alternativen Lehre

10 - als kohlenstoffhaltige Einsatzstoffe kohlenstoffverstärkter Kunststoff und als Schlackenbildner glasfaserverstärkter Kunststoff verwendet werden.

**[0007]** Die Erfindung macht sich die Tatsache zunutze, dass durch die hohen Temperaturen und die lange Verweildauer im elektrischen Einschmelzer sichergestellt wird, dass der kohlenstoffverstärkte Kunststoff (CFK) und/oder glasfaserverstärkte Kunststoff (GFK) rückstandslos umgesetzt wird, so dass keine Faserreste verbleiben oder freigesetzt werden. Die Fasern, welche beispielsweise als Kurz- oder Langfasern eingesetzt werden, sind in einer Kunststoffmatrix eingebettet, wobei der Kunststoff der Matrix ein Thermo- oder Duroplast sein kann.

**[0008]** Das CFK und/oder GFK ist bevorzugt befreit von Komponenten, welche sich störend für die Verwertung im Einschmelzer auswirken können. So ist besonders bevorzugt vorgesehen, dass vor der Verwertung im elektrischen Einschmelzer das CFK und/oder GFK Abscheideprozesse durchlaufen haben, um störende Komponenten im Wesentlichen vollständig abzutrennen, wie beispielsweise und falls vorhanden Restanteile an Kupfer, Messing, Nickel, Zink, Phosphor und Halogenen. So können Verunreinigungen im CFK und/oder GFK mit bis zu 5 Gew.-%, insbesondere bis zu 4 Gew.-%, vorzugsweise bis zu 3 Gew.-% zugelassen werden. Als Verunreinigungen und je nach Art der vorherigen Anwendung des CFK/GFK können Balsaholz, Lackreste, Schaumstoffe, kompakte Kunststofflagen enthalten sein.

**[0009]** Als eisenhaltige Einsatzstoffe wird bevorzugt reduziertes Eisenerz in Form von Eisenschwamm-Stücken oder Eisenschwamm-Pellets mit einem Kohlenstoffgehalt zwischen 0 und 4,5 Gew.-%, insbesondere > 0 Gew.-%, und einem Metallisierungsgrad von mindestens 85 % verwendet. Der Metallisierungsgrad spiegelt das Verhältnis des metallischen Eisenanteils bezogen auf den gesamten Eisengehalt im Eisenschwamm wider. Falls ein definierter Kohlenstoffgehalt in der Eisenschmelze, welcher zwischen 2,0 und 5,0 Gew.-%, insbesondere zwischen 3,0 und 4,8 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 3,5 und 4,5 Gew.-% liegen kann, nicht über die eisenhaltigen Einsatzstoffe eingestellt werden kann, werden kohlenstoffhaltige Einsatzstoffe in der Menge berücksichtigt, dass der gewünschte Kohlenstoffgehalt (Kohlenstoff-Zielgehalt) in der Eisenschmelze erreicht werden kann und beispielsweise eine Restreduktion des nichtmetallisierten Anteils des Eisenschwamms stattfinden kann.

**[0010]** Je nach Kohlenstoffgehalt, welcher im Zusam-

menhang mit dem eisenhaltigen Einsatzstoff in den elektrischen Einschmelzer eingebracht wird, wird zusätzlich Kohlenstoff, bezogen auf den Kohlenstoffgehalt (in Gew.-%) im einzubringenden kohlenstoffhaltigen Einsatzstoff, mit  $> 0$  bis maximal 50 kg pro erzeugter Tonne Eisenschmelze zugegeben.

**[0011]** Um ein Aufkohlen der Eisenschmelze im elektrischen Einschmelzer zu bewirken, ist der Kohlenstoff in der Kohlenstofffaser des CFK besonders gut geeignet. Die einzusetzende Menge an CFK ist abhängig von dem einzustellenden Kohlenstoff-Zielgehalt in der Eisenschmelze. Falls der Kohlenstoff-Zielgehalt nicht ausschließlich durch Verwendung von CFK erreicht werden kann oder anlagenbedingt nur eine gewisse Menge CFK eingesetzt werden kann, können auch noch weitere kohlenstoffhaltige Einsatzstoffe zugeführt werden, unter anderem Kohlenstoff-Träger, welche grundsätzlich einen reduktionsfähigen freien Kohlenstoff aufweisen, wie zum Beispiel Koksstaub, Kokslösche, Koksgrus, Petrolkoks, Rußpellets oder Anthrazitkohle.

**[0012]** Die Kunststoffmatrix des Faserkunststoffverbunds hat insbesondere den Vorteil, dass sie aufgrund des hohen Kohlenstoffanteils des Kunststoffes ebenfalls die Funktion des Kohlenstoffträgers wahrnehmen kann. So können beispielsweise auch Bestandteile, welche beim Pyrolysern in die Gasphase übergehen, welche als Prozessgas abgezogen kalorisch verwertet werden kann.

**[0013]** In Summe auf den Kohlenstoffgehalt im CFK betrachtet kann somit der Anteil des CFK des einzusetzenden kohlenstoffhaltigen Einsatzstoffes zwischen 20 und 100 % betragen, wobei der Anteil des CFK insbesondere mindestens 50 %, vorzugsweise mindestens 40 %, bevorzugt mindestens 50 % sein kann.

**[0014]** Die bevorzugte Verwendung von Eisenschwamm als eisenhaltiger Einsatzstoff bringt auch schlackenbildende Bestandteile mit sich, welche im Eisenerz naturgemäß enthalten sind, nicht in einem vorausgegangenen Reduktionsprozess ausgetrieben werden können, und als Gangart bezeichnet werden. Ist die über den Eisenschwamm bereitgestellte Gangart nicht ausreichend, um eine weiterverarbeitungsfähige Flüssigschlacke zu erzeugen, können bei Bedarf weitere Schlackenbildner als Zusatzstoffe eingebracht werden. So werden bevorzugt Schlackenbildner zugegeben, dass sich eine Basizität B3 in der Flüssigschlacke zwischen 0,9 und 1,8 einstellt. B3 kann insbesondere mindestens 1,0, vorzugsweise mindestens 1,1 und insbesondere maximal 1,7, vorzugsweise maximal 1,6 betragen. Die Basizität B3 entspricht dem Verhältnis  $(\text{CaO} + \text{MgO})$  zu  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ , wobei die Ermittlung der charakteristischen Größen in der Schlacke im festen Zustand dem Fachmann geläufig sind. Der Schlackenbildner umfasst mindestens eines oder mehrere der Elemente aus der Gruppe  $(\text{CaO}, \text{MgO}, \text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3)$ .

**[0015]** Um ein Konditionieren der Flüssigschlacke im elektrischen Einschmelzer zu bewirken, ist das  $\text{SiO}_2$  in der Glasfaser des GFK besonders gut geeignet. Die ein-

zusetzende Menge an GFK ist abhängig von der einzustellenden Basizität B3 in der Flüssigschlacke. Falls die einzustellende Basizität B3 nicht ausschließlich durch Verwendung von GFK erreicht werden kann oder anlagenbedingt nur eine gewisse Menge GFK eingesetzt werden kann, können auch noch weitere Schlackenbildner zugeführt werden, unter anderem eine oder mehrere der bereits oben erwähnten Elemente.

**[0016]** Um die Recyclingrate zu verbessern bzw. erhöhen, kann Schrott zusätzlich zu den eisenhaltigen Einsatzstoffen, bevorzugt zu den Eisenschwamm-Stücken oder Eisenschwamm-Pellets zugegeben werden. Dies kann beispielsweise in der Art erfolgen, dass  $> 0$  kg, insbesondere mindestens 20 kg, vorzugsweise mindestens 50 kg, bevorzugt mindestens 80 kg bis zu 200 kg Schrott pro erzeugter Tonne Eisenschmelze zugegeben werden kann.

**[0017]** CFK und/oder GFK können als Schreddermaterial und/oder als Mahlgut dem elektrischen Einschmelzer zugeführt werden. Um die Handhabbarkeit zu verbessern, können CFK und/oder GFK als Mahlgut zu Agglomeratsteinen, insbesondere mit einer definierten Größe, verarbeitet werden, vgl. beispielhaft DE 10 2005 062 036 A1 offenbart, welche in Gew.-% 5-20 % eines Zement-Bindemittels, 50-75 % eines Faserkunststoffverbunds, wahlweise bis zu 10 % an einem Erstarrungs- und Verfestigungsbeschleuniger, und als Rest eisenhaltige Rest- und Kreislaufstoffe und unvermeidbare Verunreinigungen enthalten können. Die eisenhaltigen Rest- und Kreislaufstoffe können insbesondere bis zu 45 % ausmachen. Weiterhin kann es sich bei den eisenhaltigen Rest- und Kreislaufstoffen insbesondere um Feinanteile der Roheisenpfannenschlacke, Walzzunder oder Walzzunderschlamm, Gichtschlamm, Stäube aus dem Oxygenstahlwerk, aber auch um Eisenerz in Form von feinen und/oder feinsten Partikeln handeln. Als Erstarrungs- und Verfestigungsbeschleuniger kann Wasser Glas, Tonerdzement, Calciumchlorid, ein Alkali-Salz, insbesondere ein Natriumsalz, ein Cellulose-Klebstoff oder einen Kleister eingesetzt werden. Insbesondere kann der Erstarrungs- und Verfestigungsbeschleuniger komplett entfallen. Als Zement-Bindemittel lässt sich Portlandzement oder Hüttenzement einsetzen, die kostengünstig erhältlich sind. Auch einsetzbar sind Hochfenzement, Portlandkomposit-Zement, Komposit-Zement, Puzzolanzenzement oder eine weitere Normalzementart oder Sonderzement oder ein Spezialzement.

**[0018]** Der Agglomeratstein kann mindestens 50 %, insbesondere mindestens 55 % des Faserkunststoffverbund-Mahlgut. Speziell kann der Agglomeratstein vorzugsweise mindestens 60 %, bevorzugt mindestens 65 % Faserkunststoffverbund-Mahlgut enthalten. Durch einen höheren Anteil des Faserkunststoffverbund-Mahlgut kann eine größere Menge der gebrauchten Faser-Kunststoff-Verbunden oder der Produktionsreste der Herstellung der Faser-Kunststoffverbunde verwertet werden. Zudem kann der Anteil der optional weiteren Kohlenstoff-Träger und/oder weiteren Schlackenbildner verringert

werden, da das Faserkunststoffverbund-Mahlgut entweder über CFK Kohlenstoff und/oder über GFK Siliziumdioxid bereitgestellt wird.

**[0019]** Agglomeratsteine können auf handelsüblichen Steinmaschinen hergestellt werden, so dass auch unterschiedliche Größen zwischen 45 bis 200 mm herstellbar sind. Auch die Geometrie des Agglomeratsteins, ob rechteckig, sechseckig oder rautenförmig in Draufsicht, kann beliebig ausgeführt sein.

**[0020]** Der Einsatz der Erfindung ist auch bei elektrischen Einschmelzern denkbar, welche mit Schrott und/oder Rohstahl als eisenhaltige Einsatzstoffe betrieben werden, wenn quasi kein Eisenschwamm eingesetzt wird.

**[0021]** Zum Erschmelzen der eisenhaltigen Feststoffe verfügt der elektrische Einschmelzer über mehrere Elektroden, welche mit elektrischem Strom beaufschlagbar sind und damit die erforderliche Energie bereitstellen, um die Einsatzstoffe in eine Flüssigphase umfassend eine Eisenschmelze und eine Flüssigschlacke zu überführen. Je nach Größe/Dimension des elektrischen Einschmelzers können drei, vier, fünf, sechs oder mehr als sechs Elektroden verwendet werden. Die zum Erschmelzen benötigte Energie wird bevorzugt aus regenerativer Energie (Sonne, Wind, Wasser, Biomasse) bereitgestellt. Dadurch kann der elektrische Einschmelzer umweltfreundlicher betrieben werden.

**[0022]** Der elektrische Einschmelzer kann bevorzugt ein Ofen der Gattung OSBF (Open Slag Bath Furnace) sein. Hierzu zählen Elektroreduktionsöfen, vor allem SAF (Submerged Electric Arc Furnace), welche Schmelzöfen mit Lichtbogen-Widerstandserwärmung sind, die Lichtbögen zwischen der Elektrode und dem Einsatzstoff und/oder der Flüssigphase bilden oder welche den Einsatzstoff und/oder die Flüssigphase mittels Joule-Effekt erwärmen. Beim SAF sind die Elektroden in den Einsatzstoff und/oder die Flüssigphase, insbesondere in die Flüssigschlacke eingetaucht. Je nach Funktionsprinzip/Betriebsweise können die Elektroreduktionsöfen als Wechselstrom-Lichtbogen-Reduktionsöfen (SAFac) oder Gleichstrom-Lichtbogen-Reduktionsöfen (SAFdc) ausgeführt sein. Alternativ können auch Schmelzöfen mit direkter Lichtbogeneinwirkung, welche vom oben beschriebenen Funktionsprinzip/Betriebsweise abweichen, sogenannte EAF (Electric Arc Furnace) zum Einsatz kommen, welche Lichtbögen zwischen der Elektrode und der Flüssigphase bilden. Dies umfasst den Wechselstrom-Lichtbogen-Schmelzofen (EAFac), den Gleichstrom-Lichtbogen-Schmelzofen (EAFdc) und den Pfannenofen LF (Ladle Furnace).

**[0023]** Der Vorteil bei der Verwendung von Elektroreduktionsöfen mit Lichtbogen-Widerstandserwärmung (SAF) ist, dass diese mit einer reduzierenden Atmosphäre betrieben werden, wohingegen Schmelzöfen mit direkter Lichtbogeneinwirkung (EAF) mit einer oxidierenden Atmosphäre betrieben werden.

**[0024]** Näher erläutert wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels.

**[0025]** Die Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung einer Eisenschmelze und einer Flüssigschlacke in einem nicht dargestellten elektrischen Einschmelzer vor. Eisenhaltige und kohlenstoffhaltige Einsatzstoffe sowie

5 Schlackenbildner werden eingebracht und erschmolzen. Über nicht dargestellte Mittel können die erforderlichen Einsatzstoffe und Schlackenbildner zugeführt werden. Die eisenhaltigen Einsatzstoffe umfassen oder bestehen aus Eisenschwamm-Stücken oder - Pellets. Zusätzlich können auch weitere eisenhaltige Einsatzstoffe, wie zum Beispiel eisenhaltiger Schrott, um die Recyclingrate zu erhöhen, zugeführt werden. Der elektrische Einschmelzer umfasst mehrere nicht dargestellte Elektroden, welche die zum Erschmelzen benötigte Energie bereitstellen, um die Einsatzstoffe und die Schlackenbildner in eine Flüssigphase umfassend eine Eisenschmelze und eine auf der Eisenschmelze angeordnete Flüssigschlacke zu überführen. Die zum Erschmelzen benötigte elektrische Energie kann vorzugsweise aus regenerativer Energie (Sonne, Wind, Wasser) erzeugt werden.

**[0026]** Als kohlenstoffhaltige Einsatzstoffe wird CFK verwendet. Als Schlackenbildner wird GFK verwendet. Je nach angestrebtem Ziel, ob eine Anpassung des Zielkohlenstoffgehalts in der Eisenschmelze und/oder der geforderten Basizität B3 in der Flüssigschlacke erforderlich ist, kann entweder nur CFK, nur GFK oder auch beide Faserkunststoffverbunde in Kombination jeweils in der Menge eingebracht werden, um den gestellten Anforderungen zu genügen.

**[0027]** Bei Bedarf können weitere kohlenstoffhaltige Einsatzstoffe und/oder Schlackenbildner zusätzlich eingebracht werden, insbesondere wenn die sogenannte Gangart des vorzugsweise eingesetzten Eisenschwamms nicht ausreicht, um in Abhängigkeit davon, die gewünschte Basizität der abzustechenden Flüssigschlacke einstellen zu können. Die Einstellung der gewünschten Basizität durch entsprechende Mischung/Zugabe ist dem Fachmann geläufig. Die eingebrachte Menge an eisenhaltigen Einsatzstoffen bemisst sich an der gewünschten Ausbringung der Eisenschmelze.

**[0028]** An einem Ausführungsbeispiel wurden in einem SAF im Labormaßstab 100 kg Eisenschwamm aus einer zu 100 % mit Wasserstoff als Reduktionsgas verwendeten Direktreduktion verwendet. Somit lag der in Summe eingebrachte Kohlenstoffgehalt über den Eisenschwamm bei weniger als 0,20 Gew.-%. Schlackenbildner in Form von GFK wurden mit ca. 10 kg als Mahlgut, insbesondere mit einer Partikelgröße zwischen 0,7 und 4,5 mm, und kohlenstoffhaltige Einsatzstoffe in Form von CFK mit ca. 4 kg als Schreddermaterial, insbesondere mit einer Materialgröße zwischen 10 und 50 mm, eingebracht. Nach dem Schmelzbetrieb wurde in der Eisenschmelze ein Kohlenstoffgehalt von 4,15 Gew.-% ermittelt. Eine Flüssigschlacke mit einer Basizität von 1,1 konnte abgezogen werden. Die Ermittlung des Kohlenstoffgehalts ist für den Fachmann bekannt. Auch die Ermittlung der Komponenten in der Schlacke zur Bestimmung Basizität B3 ist für den Fachmann bekannt.

**[0029]** Das Betreiben von elektrischen Einschmelzern ist dem Fachmann ebenfalls geläufig.

**[0030]** Ebenfalls nicht dargestellt ist, wie die Eisenschmelze entnommen und einem Weiterverarbeitungsschritt zugeführt wird. Bevorzugt wird die Eisenschmelze einem Behandeln zugeführt, um den Kohlenstoff in der Eisenschmelze auf ein gewünschtes Maß zu reduzieren. Dies erfolgt beispielsweise mittels Sauerstoff in einem sogenannten Sauerstoffblasprozess, besonders bevorzugt in einem Konverter. Auch die abgestochene Flüssigsschlacke wird vorzugsweise einer Granulation zugeführt, um Schlacke insbesondere für die Bauindustrie zu erzeugen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Eisenschmelze und einer Flüssigsschlacke in einem elektrischen Einschmelzer, wobei eisenhaltige und kohlenstoffhaltige Einsatzstoffe sowie Schlackenbildner eingebracht und erschmolzen werden, wobei der elektrische Einschmelzer mehrere Elektroden umfasst, welche die zum Erschmelzen benötigte Energie bereitstellen, um die Einsatzstoffe und die Schlackenbildner in eine Flüssigphase umfassend eine Eisenschmelze und eine auf der Eisenschmelze angeordnete Flüssigsschlacke zu überführen, **dadurch gekennzeichnet, dass** als kohlenstoffhaltige Einsatzstoffe kohlenstoffverstärkter Kunststoff verwendet werden.
2. Verfahren zur Herstellung einer Eisenschmelze und einer Flüssigsschlacke in einem elektrischen Einschmelzer, wobei eisenhaltige und kohlenstoffhaltige Einsatzstoffe sowie Schlackenbildner eingebracht und erschmolzen werden, wobei der elektrische Einschmelzer mehrere Elektroden umfasst, welche die zum Erschmelzen benötigte Energie bereitstellen, um die Einsatzstoffe und die Schlackenbildner in eine Flüssigphase umfassend eine Eisenschmelze und eine auf der Eisenschmelze angeordnete Flüssigsschlacke zu überführen, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Schlackenbildner glasfaserverstärkter Kunststoff verwendet werden.
3. Verfahren zur Herstellung einer Eisenschmelze und einer Flüssigsschlacke in einem elektrischen Einschmelzer, wobei eisenhaltige und kohlenstoffhaltige Einsatzstoffe sowie Schlackenbildner eingebracht und erschmolzen werden, wobei der elektrische Einschmelzer mehrere Elektroden umfasst, welche die zum Erschmelzen benötigte Energie bereitstellen, um die Einsatzstoffe und die Schlackenbildner in eine Flüssigphase umfassend eine Eisenschmelze und eine auf der Eisenschmelze angeordnete Flüssigsschlacke zu überführen, **dadurch gekennzeichnet, dass** als kohlenstoffhaltige Einsatz-

stoffe kohlenstoffverstärkter Kunststoff und als Schlackenbildner glasfaserverstärkter Kunststoff verwendet werden.

4. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei als eisenhaltige Einsatzstoffe reduziertes Eisenerz in Form von Eisenschwamm-Stücken oder Eisenschwamm-Pellets mit einem Kohlenstoffgehalt zwischen 0 und 4,5 Gew.-% und einem Metallisierungsgrad von mindestens 85 % zur Anwendung kommen.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei als eisenhaltige Einsatzstoffe Schrott und/oder Rohstahl und kein Eisenschwamm zugeführt wird.
6. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei ein Kohlenstoffgehalt in der Eisenschmelze zwischen 2,0 und 5,0 Gew.-% eingestellt wird.
7. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei der kohlenstoffhaltige Einsatzstoff mit > 0 bis maximal 50 kg pro erzeugter Tonne Eisenschmelze zugegeben wird.
8. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei in Summe auf den Kohlenstoffgehalt im kohlenstoffverstärkten Kunststoff betrachtet der Anteil des kohlenstoffverstärkten Kunststoffs des einzusetzenden kohlenstoffhaltigen Einsatzstoffes zwischen 20 und 100 % beträgt.
9. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei glasfaserverstärkter Kunststoff und optionale weitere Schlackenbildner zugegeben werden, dass sich eine Basizität B3 in der Flüssigsschlacke zwischen 0,9 und 1,8 einstellt, wobei die Basizität B3 dem Verhältnis  $(CaO+MgO)$  zu  $(SiO_2+Al_2O_3)$  entspricht.
10. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei kohlenstoffverstärkter Kunststoff und/oder glasfaserverstärkter Kunststoff als Schredermaterial und/oder als Mahlgut dem elektrischen Einschmelzer zugeführt werden.
11. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei kohlenstoffverstärkter Kunststoff und/oder glasfaserverstärkter Kunststoff mit 50 bis 75 Gew.-%, 5 bis 20 Gew.-% eines Zement-Bindemittels, wahlweise bis zu 10 Gew.-% an einem Erstarrungs- und Verfestigungsbeschleuniger, und als Rest eisenhaltige Rest- und Kreislaufstoffe und unvermeidbare Verunreinigungen zu einem Agglomeratstein verarbeitet werden und als Agglomeratstein dem elektrischen Einschmelzer zugeführt wird.



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 16 5101

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	X, P	DE 10 2022 101835 A1 (RHM ROHSTOFF HANDELSGESELLSCHAFT MBH [DE]) 27. Juli 2023 (2023-07-27) * Abbildung 1 * * Ansprüche 1-10 * * Absatz [0001] - Absatz [0009] * * Absatz [0028] - Absatz [0037] * -----	1,4-11	INV. C21B11/10 C21B13/00 C21B13/12 C21C5/52 C21C7/00
15	A	JP 2017 075380 A (JFE STEEL CORP; JAPAN RECYCLE KK) 20. April 2017 (2017-04-20) * Abbildungen 1-4 * * Absatz [0001] - Absatz [0002] * * Absatz [0009] - Absatz [0030] * * Absatz [0032] - Absatz [0035] * -----	1-11	
20	A, P	DE 10 2022 209958 A1 (SMS GROUP GMBH [DE]) 29. Februar 2024 (2024-02-29) * Abbildungen 1-3 * * Ansprüche 1-30 * * Absatz [0013] * -----	1-11	
25	A	CN 101 939 451 A (ADVANCED MINERAL RECOVERY TECH) 5. Januar 2011 (2011-01-05) * Abbildungen 1-3 * * Absatz [0001] * * Absatz [0071] - Absatz [0106] * -----	1-11	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
30	X	DE 36 07 222 A1 (CONRADTY NUERNBERG [DE]) 10. September 1987 (1987-09-10) * Abbildung 1 * * Seite 1, Zeile 65 - Seite 4, Zeile 41 * -----	2-11	C21B C21C
35				
40				
45				
50	3	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 4. September 2024	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 Anmelde datum 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 24 16 5101

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente 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.

04-09-2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102022101835 A1	27-07-2023	DE 102022101835 A1 EP 4219035 A1	27-07-2023 02-08-2023
15	JP 2017075380 A	20-04-2017	KEINE	
	DE 102022209958 A1	29-02-2024	KEINE	
20	CN 101939451 A	05-01-2011	AU 2008320581 A1 CA 2704331 A1 CN 101939451 A EP 2212443 A2 GB 2454231 A KR 20100136442 A RU 2010122050 A US 2011113925 A1 WO 2009056863 A2	07-05-2009 07-05-2009 05-01-2011 04-08-2010 06-05-2009 28-12-2010 10-12-2011 19-05-2011 07-05-2009
25	DE 3607222 A1	10-09-1987	KEINE	
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 3954786 A1 [0002]
- DE 102005062036 A1 [0017]
- DE 102021114676 A1 [0003]