



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 4 321 638 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
14.02.2024 Patentblatt 2024/07

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C22B 5/04 (2006.01) **C22B 9/02 (2006.01)**
C22B 21/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 22190250.5

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C22B 5/04; C22B 9/023; C22B 21/066;
C22B 21/068

(22) Anmeldetag: 12.08.2022

(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 MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Rauschert Heinersdorf-Pressig GmbH**
96110 Scheßlitz (DE)

(72) Erfinder: **METZLER, Richard**
96110 Scheßlitz (DE)

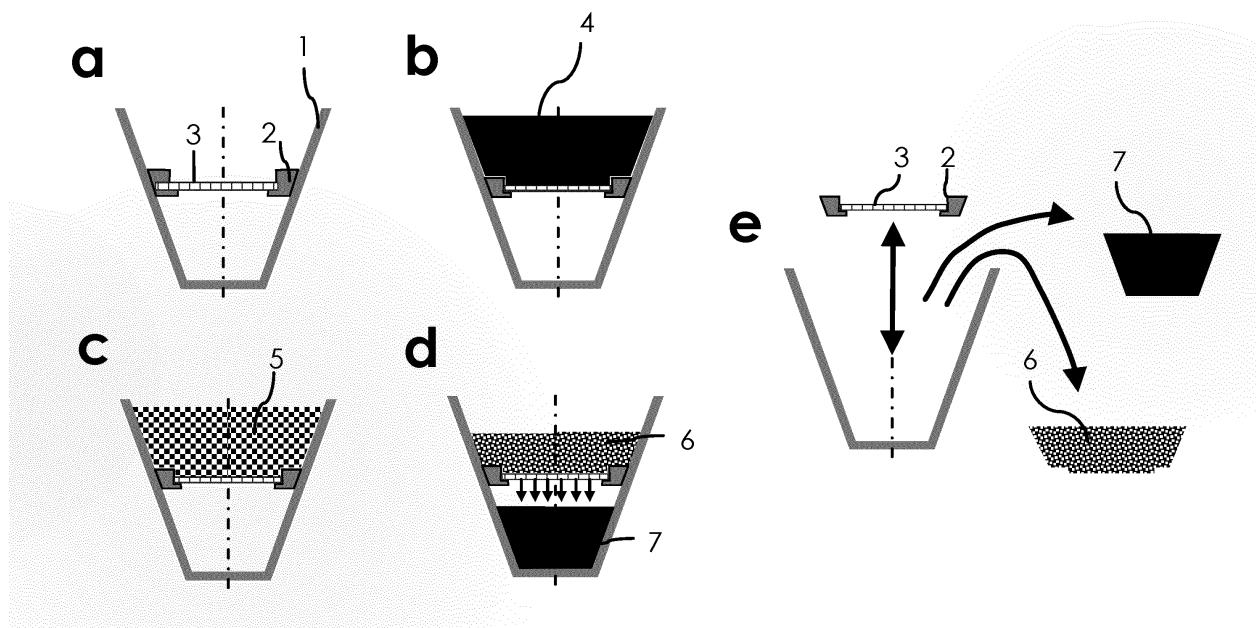
(74) Vertreter: **Behr, Wolfgang**
Lorenz Seidler Gossel
Rechtsanwälte Patentanwälte
Partnerschaft mbB
Widenmayerstraße 23
80538 München (DE)

(54) VERFAHREN ZUM ENTFERNEN VON EISEN AUS EINER ALUMINIUMSCHMELZE

(57) Die vorliegende Erfindung zeigt ein Verfahren zum zumindest teilweisen Entfernen von Eisen aus einer Aluminiumschmelze, mit den Schritten:
- Erzeugen einer thixotropen Aluminiumschmelze, wel-

che eine flüssige und eine feste Phase enthält, und
- Abtrennen der flüssigen Phase durch die Einwirkung einer Zentrifugalkraft auf die thixotrope Aluminiumschmelze.

Fig.1



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zumindest teilweisen Entfernen von Eisen aus einer Aluminiumschmelze.

[0002] Aluminium ist, nach Stahl, der bei weitestem wichtigste metallische Werkstoff und findet als Basis verschiedenster Legierungen in weiten Teilen der modernen Industrie Anwendung. Dabei ist Eisen (Fe) ein unvermeidbares Begleitelement. Schon im Ausgangsmaterial der Herstellung von Aluminium, dem Bauxit, sind erhebliche Gehalte an Fe vorhanden, die je nach Güte des Herstellprozesses in Konzentrationen von bis zu 0,2 Gew.% auch im sogenannten Hüttenaluminium (primäres Al) zu finden sind.

[0003] Aus ökonomischen und ökologischen Gründen wird bei der Al-Verarbeitung meist ein erheblicher Anteil an Aluminium-Schrott, sogenanntem sekundärem Al, zugesetzt. Über dieses sogenannte Kreislaufmaterial wird, in immer neuen Produktlebenszyklen, Eisen in die Al-Legierungen eingebracht. Diese Eisengehalte sind der Kern der hier vorgestellten Erfindung.

[0004] Eisen hat bis auf wenige Ausnahmen eine durchwegs negative Wirkung auf die technischen Eigenschaften von Al-Legierungen. Dabei können, je nach Anwendung, typischer Weise gewissen Konzentrationen an Fe toleriert werden, ohne dass die Eigenschaften der Al-Legierungen zu sehr verschlechtert werden. Diese Toleranzgrenze kann bis zu etwa einem Gewichtsprozent reichen, aber für anspruchsvollere Anwendungen auch deutlich darunterliegen. Bei einem Eisengehalt von mehr als 1 Gew.% sind Al-Legierungen dann für die meisten Anwendungen ungeeignet. Deswegen ist der Marktpreis von Al-Legierungen direkt mit dem Fe-Gehalt gekoppelt. Je höher der Eisengehalt liegt, desto höhere Abschläge auf den Preis des Hüttenaluminiums (typischer Weise <0,1-0,2 Gew.% an Fe) sind marktüblich.

[0005] Die technische Aufgabe, welche durch die vorliegende Erfindung gelöst werden soll, besteht darin, den Eisengehalt in Al-Legierungen abzusenken, um den technischen Nutzen und den Marktwert der Legierung zu erhöhen.

[0006] Das Problem der Fe-Verunreinigungen in Aluminium ist hinlänglich bekannt und es wurden diverse Verfahren vorgeschlagen und erprobt, um eine Eisenabreicherung des Al zu erzielen. Hier seien insbesondere Verfahren genannt, die auf der Ausnutzung von Schwer- oder Zentrifugalkraft beruhen. Eisenreiche Phasen in flüssigem Al weisen eine höhere Dichte als die Restschmelze auf und können deswegen prinzipiell separiert werden. Alternativ wurde Verfahren vorgeschlagen und untersucht, die auf dem Einsatz elektromagnetischer Felder beruhen und den gleichen Trenneffekt erzielen sollen. Gleichermassen wurden andere bekannte Verfahren zur Stoff- und Phasentrennung, für die Eisenabreicherung von Aluminium vorgeschlagen, hier seien noch Filtration und Sedimentation genannt.

[0007] All diesen Verfahren ist gemeinsam, dass Sie

zwar ein gewisses Potential aufweisen und teilweise im Labormaßstab erfolgreich erprobt wurden, sich aber bisher nicht am Markt etabliert haben. Hauptursachen sind technische Probleme bei der Umsetzung der Verfahren sowie deren nicht ausreichenden Wirkungsgrade. Deswegen ist es bis heute Stand der Technik, zu hohe Fe-Konzentrationen in Al-Legierungen durch die Verdünnung mit Hüttenaluminium zu kompensieren.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein verbessertes Verfahren zum zumindest teilweisen Entfernen von Eisen aus einer Aluminiumschmelze zur Verfügung zu stellen.

[0009] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0010] Bevorzugte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0011] Die vorliegende Erfindung umfasst ein Verfahren zum zumindest teilweisen Entfernen von Eisen aus einer Aluminiumschmelze, mit den Schritten:

- 20 - Erzeugen einer thixotropen Aluminiumschmelze, welche eine flüssige und eine feste Phase enthält, und
- 25 - Abtrennen der flüssigen Phase durch die Einwirkung einer Zentrifugalkraft auf die thixotrope Aluminiumschmelze. Die feste Phase weist hierbei bevorzugt einen höheren Fe-Gehalt auf als die flüssige Phase.

[0012] Die vorliegende Erfindung löst das Problem der Abtrennung des Eisens durch die Wirkung von Zentrifugalkraft auf ein thixotropes Gemisch aus flüssigem und festem, mit Fe verunreinigtem Aluminium. Durch das Erzeugen einer thixotropen Aluminiumschmelze, welche eine flüssige und eine feste Phase enthält, wird zunächst eine für den Trennprozess günstige Morphologie fester Eisenphasen in einer flüssig verbleibenden Restschmelze erzeugt. Anschließend werden durch die Wirkung der Zentrifugalkraft flüssige von festen Bestandteilen abgetrennt. Ein Großteil des Eisens verbleibt dabei in dem festen Anteil, so dass der flüssige Anteil eine deutlich abgesenkte Konzentration an Eisen im Vergleich zum Ausgangszustand aufweist.

[0013] Das Vorgehen gemäß der vorliegenden Erfindung nutzt daher eine thixotrope Aluminiumschmelze zur Eisen-Abreicherung und kann daher auch als Thixo-oder Rheo-Separation bezeichnet werden.

[0014] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird die feste Phase zurückgehalten und die flüssige Phase durch Anwendung der Zentrifugalkraft aus der festen Phase abgetrennt. Die vorliegende Erfindung wirkt gemäß diesem Aspekt daher nicht aufgrund der Dichteunterschiede von flüssiger und fester Phase. Vielmehr bildet die feste Phase eine Struktur, aus welcher die flüssige Phase mittels der Zentrifugalkraft herausgelöst wird. Hierbei wird die Zentrifugalkraft eingesetzt, um die Effekte der Oberflächenspannung der flüssigen Phase, durch welche diese innerhalb der festen Phase verharrt, zu überwinden.

[0015] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird die feste Phase in einer 3-dimensional vernetzten, insbesondere schwammartigen Struktur ausgebildet, aus welcher die flüssige Phase durch Anwendung der Zentrifugalkraft abgetrennt wird, während die feste Phase zurückgehalten wird.

[0016] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird die feste Phase in Form von Partikeln und/oder Agglomeraten ausgebildet, welche sich beim Abtrennen der flüssigen Phase aufeinander abstützen, so dass die flüssige Phase durch Anwendung der Zentrifugalkraft aus den Zwischenräumen zwischen den Partikeln und/oder Agglomeraten abgetrennt wird, während die feste Phase zurückgehalten wird. Insbesondere kann es sich um dreidimensional geformte Partikel und/oder Agglomerate handeln.

[0017] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die feste Phase in einem Behälter oder Behälterbereich, in welchem die Aluminiumschmelze erzeugt wird, verbleibt.

[0018] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die flüssige Phase in einen zweiten Behälter oder Behälterbereich abgetrennt wird.

[0019] Hierdurch liegen am Ende des Abtrennvorgangs die flüssige und die feste Phase in zwei unterschiedlichen Behältern oder Behälterbereichen vor und können hierdurch problemlos getrennt entnommen werden.

[0020] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist daher vorgesehen, dass die feste Phase darauffolgend aus dem Behälter oder Behälterbereich entnommen wird.

[0021] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass ein Rückhaltelement eingesetzt wird, welches die feste Phase zurückhält, während die flüssige Phase abgetrennt wird.

[0022] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass es sich bei dem Rückhaltelement um einen Behälter handelt, in welchem die thixotrope Aluminiumschmelze erzeugt wird, und welcher mindestens eine Abflussöffnung für die flüssige Phase aufweist.

[0023] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Behälter eine sich in Richtung auf eine Abflussöffnung verjüngende Form aufweist.

[0024] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Behälter einen die Abflussöffnung umgebenden Bodenbereich aufweist.

[0025] Insbesondere können die sich verjüngende Form und/oder der Bodenbereich ein Rückhaltelement bilden, welches die feste Phase beim Abtrennen der flüssigen Phase zurückhält.

[0026] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Behälter auf der der Abflussöffnung gegenüberliegenden Seite offen

ist, um die zurückgehaltene feste Phase zu entnehmen.

[0027] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Behälter, in welchem die thixotrope Aluminiumschmelze hergestellt wird, für das Abtrennen der flüssigen Phase in einen Auffangbehälter eingesetzt wird, in welchem die aus der Abflussöffnung des Behälters abfließende flüssige Phase aufgefangen wird.

[0028] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Auffangbehälter eine sich verjüngende Form aufweist.

[0029] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die thixotrope Aluminiumschmelze in einem Behälter erzeugt wird, wobei das Erzeugen der thixotropen Aluminiumschmelze mit einer ersten Position des Behälters relativ zur Schwerkraft erfolgt, wobei in der ersten Position eine Abflussöffnung des Behälters, über welche die flüssige Phase bei dem Schritt des Abtrennens aus dem Behälter abfließt, relativ zur Schwerkraft auf einer oberen Seite angeordnet ist.

[0030] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass das Einsetzen des Behälters in eine Zentrifuge zum Abtrennen der flüssigen Phase aus dem Behälter mit einer zweiten, gegenüber der ersten Position geänderten Position des Behälters relativ zur Schwerkraft erfolgt.

[0031] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Behälter einen Deckel aufweist, welcher beim Erzeugen der Aluminiumschmelze einen Bodenbereich des Behälters bildet.

[0032] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Deckel zum Entnehmen der festen Phase aus dem Behälter vom Behälter abgenommen werden kann.

[0033] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Deckel auf einer der Abflussöffnung des Behälters, über welche die flüssige Phase bei dem Schritt des Abtrennens aus dem Behälter abfließt, gegenüberliegenden Seite angeordnet ist.

[0034] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Behälter ausgehend von der Seite, welche durch den Deckel beim Aufschmelzen verschlossen ist, eine sich verjüngende Form aufweist.

[0035] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass das Abtrennen der flüssigen Phase über ein Siebelement erfolgt, dessen Öffnungen so klein sind, dass die Aluminiumschmelze nur durch die Schwerkraft und ohne die Einwirkung einer Zentrifugalkraft nicht durch die Öffnungen abfließt.

[0036] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Öffnungen einen Durchmesser von weniger als 3 mm aufweisen, bevorzugt von weniger als 2 mm.

[0037] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Öffnungen

einen Durchmesser von mehr als 0,01 mm, bevorzugt von mehr als 0,1 mm aufweisen. Die Größe der Löcher ist hierbei von der Größe der Zentrifugalkraft abhängig, welche zum Abtrennen der flüssigen Phase eingesetzt wird, wobei die Größe der Löcher bei steigender Zentrifugalkraft verringert werden kann.

[0038] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Durchmesser weiter bevorzugt zwischen 0,5 mm und 1 mm liegt. Diese Größe hat sich insbesondere für den Fall, dass eine Zentrifugalkraft zwischen 10 G und 30 G, insbesondere zwischen 15 G und 25 G, auf die Schmelze aufgebracht wird, bewährt.

[0039] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass das Siebelement in einen Behälter eingesetzt wird, um einen oberen Bereich, in welchem die thixotrope Aluminiumschmelze hergestellt wird, und in welchem beim Abtrennen die feste Phase zurückgehalten wird, von einem unteren Bereich zur Aufnahme der flüssigen Phase zu trennen.

[0040] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass das Siebelement entfernt wird, um die flüssige Phase zu entnehmen. Das Entnehmen der flüssigen Phase erfolgt bevorzugt in flüssigem Zustand, d.h. ohne dass diese nach dem Abtrennen Erstarren würde. Man kann die flüssige Phase jedoch auch zunächst in dem Behälter erstarren lassen, bevor sie aus diesem entnommen wird.

[0041] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass das Siebelement über einen ringförmigen Einsatz in den Behälter einsetzbar ist.

[0042] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass ein Rückhaltelement, welches die feste Phase zurückhält, während die flüssige Phase abgetrennt wird, in einen Auffangbehälter eingesetzt wird, welcher die flüssige Phase aufnimmt.

[0043] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Auffangbehälter, welcher die flüssige Phase aufnimmt, eine sich auf sein verschlossenes Ende hin verjüngende Form aufweist.

[0044] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die feste Phase nach dem Abtrennen der flüssigen Phase und bevorzugt nach Erstarren aus dem Behälter, in welchem die thixotrope Aluminiumschmelze erzeugt wurde, entnommen wird.

[0045] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die flüssige Phase nach dem Entfernen der festen Phase und/oder des Abtrennelements entnommen wird, bevorzugt in flüssigem Zustand. Insbesondere wird daher zunächst die feste Phase und das Abtrennelement aus dem Behälter entnommen, und dann die flüssige Phase, wobei das Entnehmen der flüssigen Phase bevorzugt durch ein Auschütten der flüssigen Phase aus dem Behälter erfolgt.

[0046] In einer ersten möglichen Ausgestaltung der

vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass es sich bei dem Rückhaltelement um einen weiteren Behälter handelt, in welchem die thixotrope Aluminiumschmelze erzeugt wird, und welcher mindestens eine Abflussöffnung für die flüssige Phase aufweist.

[0047] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der weitere Behälter eine sich in Richtung auf eine Abflussöffnung verjüngende Form aufweist und/oder auf der der Abflussöffnung gegenüberliegenden Seite offen ist, um die zurückgehaltene feste Phase zu entnehmen.

[0048] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die feste Phase nach dem Abtrennen der flüssigen Phase auf einer einer Abflussöffnung gegenüberliegenden, beim Erzeugen der Aluminiumschmelze durch einen Deckel verschlossenen Seite entnommen wird.

[0049] In einer zweiten möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass es sich bei dem Rückhaltelement um ein Siebelement handelt, welches in den ersten Behälter eingesetzt wird, um einen oberen Bereich zum Zurückhalten der festen Phase von einem unteren Bereich zur Aufnahme der flüssigen Phase zu trennen.

[0050] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die feste Phase nach dem Abtrennen der flüssigen Phase auf einer offenen Seite des Behälters, welche einer geschlossenen Seite, in welcher die flüssige Phase aufgenommen wird, über ein Siebelement gegenüberliegt.

[0051] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Behälter und/oder der Auffangbehälter und/oder das Abtrennelement und/oder das Siebelement eine keramische Beschichtung aufweist und/oder aus Keramik gefertigt ist.

[0052] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Zentrifugalkraft über eine Zentrifuge erzeugt wird, in welcher ein mit der thixotropen Aluminiumschmelze gefüllter Behälter in Rotation versetzt wird.

[0053] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass eine Zentrifugalkraft von mehr als 5 G erzeugt wird, bevorzugt von mehr als 10 G. Beispielsweise kann eine Zentrifugalkraft in einem Bereich zwischen 10 G und 100 G erzeugt werden.

[0054] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die thixotrope Aluminiumschmelze hergestellt wird, indem eine flüssige Aluminiumschmelze kontrolliert auf eine Zieltemperatur abgekühlt wird.

[0055] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass das Abkühlen bevorzugt mit einer Geschwindigkeit zwischen 0,1 K/sec und 2 K/sec erfolgt.

[0056] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Behälter mit der Aluminiumschmelze für das kontrollierte Abkühlen in einem beheizten Bereich angeordnet wird, insbesondere

über einem Gasofen.

[0057] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Aluminiumschmelze für eine Haltezeit auf der Zieltemperatur gehalten wird, wobei die Haltezeit bevorzugt zwischen 1 Sekunde und 60 Minuten beträgt. Bevorzugt beträgt die Haltezeit mehr als 10 Sekunden. In einer alternativen Ausgestaltung kann auf eine Haltezeit jedoch auch verzichtet werden.

[0058] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die flüssige Aluminiumschmelze eine Ausgangstemperatur von mehr als 850°C aufweist.

[0059] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Zieltemperatur in einem Bereich von 575°C bis 655°C liegt.

[0060] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die flüssige Aluminiumschmelze zum kontrollierten Abkühlen in einen Behälter gefüllt wird, welcher nach dem Abkühlen in eine Zentrifuge verbracht wird, in welcher die flüssige Phase abgetrennt wird.

[0061] Die einzelnen Aspekte der vorliegenden Erfindung können miteinander kombiniert werden. Weiterhin können bevorzugte Merkmale, welche zu einem der Aspekte beschrieben wurden, auch zu den weiteren Aspekten zum Einsatz kommen.

[0062] Die vorliegende Erfindung umfasst weiterhin eine Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens, wie es oben beschrieben wurde, wobei die Vorrichtung

- eine Einrichtung zum Erzeugen einer Aluminiumschmelze, welche eine flüssige und feste Phase enthält, und
- eine Einrichtung zum Aufbringen einer Zentrifugalkraft auf die Aluminiumschmelze, insbesondere eine Zentrifuge, und zum Abtrennen der flüssigen Phase durch die Einwirkung einer Zentrifugalkraft,

umfasst.

[0063] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Vorrichtung eine Steuerung und Aktuatoren, welche zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet sind, umfasst, insbesondere zum automatisierten Durchführen des Verfahrens. Insbesondere ist die Steuerung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens programmiert. Bevorzugt weist die Steuerung hierbei einen Microprozessor sowie einen Speicher auf, in welchem ein Programm mit Befehlen abgespeichert ist, welche bei ihrem Ablauen auf dem Microprozessor die Vorrichtung veranlassen, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen.

[0064] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Vorrichtung ein Siebelement und/oder einen Behälter mit einer Abflussöffnung umfasst, welcher bevorzugt in einen Behälter zur Aufnahme der flüssigen Phase einsetzbar ist.

[0065] Bevorzugt ist die Vorrichtung so ausgeführt, wie dies bereits oben näher beschrieben wurde.

[0066] Die vorliegende Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen und Zeichnungen näher beschrieben.

[0067] Dabei zeigen:

Fig. 1: Ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens mit Schritten a bis e und

Fig. 2: Ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens mit Schritten a bis e.

[0068] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird zur Eisen-Abreicherung des Aluminiums zunächst aus dem eisenhaltigen Aluminium eine thixotrope Aluminiumschmelze erzeugt, d. h. eine Aluminiumschmelze mit mindestens einer flüssigen und festen Phase. Hierbei macht sich die vorliegende Erfindung zunutze, dass sich in einer flüssigen Aluminiumschmelze beim Abkühlen zunächst aus dem in der Aluminiumschmelze enthaltenen Eisen feste Eisenphasen bilden, so dass der Eisenanteil in der verbleibenden flüssigen Phase reduziert ist. Durch die erfindungsgemäße Abtrennung der flüssigen Phase von der festen Phase erhält man daher Aluminium mit einem verringerten Eisenanteil.

[0069] In beiden Ausführungsbeispielen wird die feste Phase zurückgehalten und die flüssige Phase durch Einwirkung der Zentrifugalkraft auf die thixotrope Aluminiumschmelze aus der festen Phase herausgelöst. Insbesondere wird die feste Phase hierfür in einer dreidimensionalen Struktur ausgebildet. Hierbei kann die feste Phase in der thixotropen Aluminiumschmelze entweder in Form von isolierten Al-Fe-Phasen vorliegen, die bei der Extraktion der flüssigen Phase miteinander verhaken und so eine schwammartige Struktur bilden, oder in Form einer dreidimensional vernetzten Struktur, welche bereits in der thixotropen Aluminiumschmelze schwammartig vorliegt. In beiden Fällen können die zurückgehaltene feste Phase und die herausgelöste flüssige Phase getrennt entnommen werden.

[0070] In beiden Ausführungsbeispielen verbleibt die feste Phase in jenem Behälter oder Behälterbereich, in welchem die thixotrope Aluminiumschmelze hergestellt wurde, während die flüssige Phase in einen anderen Behälter oder Behälterbereich abgetrennt wird. Die beiden Ausführungsbeispiele unterscheiden sich jedoch im Hinblick auf die korrekte Verfahrensführung und das Abtrennlement, welches die feste Phase zurückhält.

[0071] Bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel wird ein Extraktionstiegel 1 verwendet, in welchen ein Sieb 3 eingesetzt wird. Im konkreten Ausführungsbeispiel ist hierfür ein ringförmiger Einsatz 2 vorgesehen, über welchen das Siebelement 3 im Extraktionstiegel 1 angeordnet wird. Das Siebelement 3 teilt den Extraktionstiegel 1 im eingesetzten Zustand in einen oberen und

unteren Bereich auf. Der Extraktionstiegel 1 läuft in Richtung auf seinen Boden konisch zu. Der Extraktionstiegel 1 im unbefüllten Zustand ist in Schritt a dargestellt.

[0072] In Schritt b wird eine flüssige, eisenhaltige Aluminiumschmelze 4, welche bevorzugt eine Temperatur von über 850 °C aufweist, in den oberen Bereich des Extraktionstiegels 1 oberhalb des Siebelementes 3 eingefüllt.

[0073] Die Löcher des Siebelementes 3 sind so dimensioniert, dass die Aluminiumschmelze allein aufgrund der Schwerkraft nicht durch das Siebelement abfließt. Vielmehr verhindert die Oberflächenspannung der Aluminiumschmelze, dass diese durch die Löcher des Siebelementes hindurchfließt. Bevorzugt weisen die Löcher einen Durchmesser zwischen 0,5 mm und 1 mm auf. Das Siebelement 3 kann beispielsweise als keramisches Element aus Vollkeramik oder als eine keramisch beschichtete Metallplatte ausgeführt sein. Im Ausführungsbeispiel sind die Löcher hierbei auf ein Verfahren abgestimmt, in welchem eine Zentrifugalkraft von 20 G aufgebracht wird. Bei einer höheren Zentrifugalkraft können die Löcher kleiner gewählt werden.

[0074] Nunmehr erfolgt in Schritt c ein kontrolliertes Abkühlen der flüssigen Aluminiumschmelze, um diese in einen thixotropen Zustand zu überführen. Im thixotropen Zustand weist die Aluminiumschmelze 5 sowohl feste als auch flüssige Bestandteile auf. Insbesondere weist die thixotrope Schmelze ein AlFe-Skelett oder AlFe-Partikel oder AlFe-Agglymerate als feste Phase auf, in und/oder zwischen welchen die flüssige Phase, welche einen geringeren Eisenanteil aufweist, verbleibt.

[0075] Das kontrollierte Abkühlen erfolgt bevorzugt mit einer Rate von 0,1 bis 2 Kelvin/sec. Das Abkühlen erfolgt auf eine Zieltemperatur, welche vom Eisenanteil und der weiteren Zusammensetzung in der Ausgangsschmelze abhängt. Beispielsweise kann die Zieltemperatur zwischen 575 und 655 °C liegen. In einem beispielhaften Ausführungsbeispiel kann die Zieltemperatur zwischen 600 und 603 °C liegen. Das Abkühlen erfolgt bevorzugt in einem Ofen, beispielsweise einem Umluftofen.

[0076] Wurde die thixotrope Aluminiumschmelze 5 in Schritt c hergestellt, wird der Extraktionstiegel 1 zur Extraktion der flüssigen Phase in eine Zentrifuge transferiert. Wie in Schritt d dargestellt, wirkt eine Zentrifugalkraft auf die thixotrope Schmelze 5 in einer Richtung, welche zum Boden des Extraktionstiegels weist. Hierdurch fließt die flüssige Phase 7 durch die Öffnungen im Siebelement 3 in den unteren Behälterbereich, während die feste Phase 6 zurückgehalten wird und im oberen Tiegelbereich verbleibt.

[0077] Nach dem Erstarren des AlFe-Skelettes 6 und der abgereicherten flüssigen Phase 7 werden in Schritt e beide Phasen getrennt aus dem Extraktionstiegel 1 entnommen. Hierfür wird zunächst die feste Phase 7 aus dem oberen Behälterbereich entnommen. Nach dem Entnehmen des Siebelementes 3 sowie des Einsatzes 2 kann auch die flüssige, abgereicherte Aluminiumphase 7 aus dem unteren Behälterbereich entnommen werden.

Das Entnehmen der flüssigen abgereicherten Aluminiumphase 7 aus dem unteren Behälterbereich erfolgt bevorzugt, während diese noch flüssig ist, insbesondere durch Ausschütten aus dem Behälter. Alternativ könnte die flüssige Phase jedoch auch im Behälter erstarren und im erstarrten Zustand entnommen werden.

[0078] Das in Fig. 1 eingesetzte Ausführungsbeispiel kann auch dann eingesetzt werden, wenn die feste Phase 6 keine stabile Struktur aufweist, da sie über das Siebelement gestützt und zurückgehalten wird. Insbesondere kommt sie daher zum Einsatz, wenn die feste Phase 6 in der thixotropen Aluminiumschmelze in Form von isolierten globularen oder agglomierten Al-Fe-Phasen vorliegt, oder die dreidimensional vernetzte, schwammartige Struktur keine ausreichende Festigkeit aufweist. **[0079]** Fig. 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens, welches insbesondere dann zum Einsatz kommen kann, wenn die feste Phase 6 so erzeugt wird, dass sie eine stabile, selbsttragende Struktur aufweist.

[0080] Hierbei kommt ein Extraktionstiegel 1 mit einem abnehmbaren Bodendeckel 2 zum Einsatz, wie sie in Schritt a gezeigt sind. Auf der dem Bodendeckel 2 gegenüberliegenden Seite befindet sich eine Abflussöffnung 3. Der Extraktionstiegel 1 läuft in Richtung auf die Abflussöffnung 3 konisch zu, wobei ein Randbereich des dem Bodendeckel 2 gegenüberliegenden Bodens die Abflussöffnung 3 kragenförmig umgibt.

[0081] Wie in Schritt b dargestellt wird der Extraktionstiegel 1 mit aufgesetztem Bodendeckel 2 so angeordnet, dass sich die Abflussöffnung 3 oben und die durch den Bodendeckel 2 geschlossene gegenüberliegende Öffnung unten befindet. Der Extraktionstiegel 1 wird nun über die Abflussöffnung 3 mit einer flüssigen Aluminiumschmelze befüllt, welche wiederum bevorzugt eine Temperatur von mehr als 850 °C aufweist. In diesem Zustand bildet der Bodendeckel 2 daher den Boden des Extraktionstiegels, während die Abflussöffnung 3 als Zuflussöffnung dient.

[0082] Die flüssige Aluminiumschmelze 4 wird nun Schritt c abgekühlt. Das Abkühlen erfolgt dabei in gleicher Weise, wie dies bereits oben mit Blick auf das erste Ausführungsbeispiel beschrieben wurde. Durch das kontrollierte Abkühlen wird eine thixotrope Schmelze 5 in dem Extraktionstiegel 1 erzeugt. Hierbei bildet sich die feste Phase 6 bevorzugt in Form eines festen Schwamms an Fe-reichen Phasen aus, der auch während des dann folgenden Zentrifugalprozesses im Wesentlichen unverändert zusammenhält.

[0083] Für die in Schritt d erfolgende Zentrifugalextraktion wird der Extraktionstiegel 1 nun mit der Abflussöffnung 3 nach unten in einen Auffangbehälter 8 eingesetzt. **[0084]** Der Auffangbehälter 8 ist ebenfalls konusförmig und so dimensioniert, dass sich unterhalb der Extraktionsöffnung 3 des in den Auffangbehälter eingesetzten Extraktionstiegels 1 im Auffangbehälter 8 ein zweiter Behälterbereich ergibt, in welchen die flüssige Phase der thixotropen Aluminiumschmelze abfließen kann.

[0085] Zum Einsetzen des Extraktionstiegels 1 in den Auffangbehälter 8 wird der Extraktionstiegel 1 daher um 180 °C gedreht, so dass sich die Abflussöffnung 3 auf der Unterseite, der Bodendeckel 2 dagegen oben befindet und damit einen Deckelbereich bildet.

[0086] Die Zentrifugation erfolgt dann in der Weise, dass die Zentrifugalkräfte ausgehend von dem Extraktionstiegel 1 durch die Abflussöffnung 3 in den unteren Bereich des Auffangbehälters 8 wirken. Die feste Phase 6 wird im Extraktionstiegel 1 zurückgehalten, während die flüssige Phase durch die Wirkung der Zentrifugalkraft in den unterhalb des Extraktionstiegels 1 verbleibenden Bereich des Auffangbehälters 8 abfließt.

[0087] Nach dem Erstarren der festen Phase 6 und der flüssigen Phase 7 werden diese wie in Schritt e gezeigt entnommen. Hierfür wird zunächst der Extraktionstiegel 1 aus dem Auffangbehälter 8 entnommen und nach dem Öffnen des Bodendeckels 2 der AlFe-Schwamm 6 entnommen. Aus dem unteren Bereich des Auffangbehälters 8 wird die flüssige Phase 7 mit abgereichertem Aluminium entnommen. Das Entnehmen der flüssigen abgereicherten Aluminiumphase 7 aus dem unteren Behälterbereich erfolgt wiederum bevorzugt, während diese noch flüssig ist, insbesondere durch Ausschütten aus dem Behälter. Alternativ könnte die flüssige Phase jedoch auch im Behälter erstarrten und im erstarrten Zustand entnommen werden.

[0088] Die in den beiden Ausführungsbeispielen eingesetzten Elemente, welche mit der Schmelze in Kontakt kommen, d.h. insbesondere der Extraktionstiegel 1, der Einsatz 2, das Siebelement 3 und/oder der Auffangbehälter 8 weisen bevorzugt eine keramische Beschichtung auf und/oder sind aus Keramik gefertigt.

[0089] Die im Rahmen der vorliegenden Erfindung erzeugten festen Al-Fe-Phasen müssen so beschaffen sein, dass das flüssige Al zu hohen Anteilen "heraus schleuderbar" ist.

[0090] Dafür ist die Morphologie dieser Phasen entscheidend. Entstehen z. B. isolierte Platten, so legen sich diese quer zum herausströmenden Al und verstopfen den Weg des Al, die Trennung gelingt nur unzulänglich. Das Gleiche passiert, wenn ein 3-D-Schwamm erzeugt wird, der aber durch die Zentrifugalkräfte zerbricht.

[0091] Günstig für die Zentrifugal-Phasentrennung sind daher entweder isolierte und möglichst große Al-Fe-Phasen oder ein stabiler Schwamm. Beide Fälle können durch die Kontrolle der Phasenbildung bei der Entmischung gezielt eingestellt werden.

[0092] Für den ersten Ausgestaltung der Al-Fe-Phase in Form von isolierten und möglichst großen Al-Fe-Phasen kommt bevorzugt das erste Ausführungsbeispiel zum Einsatz, bei der Schwamm-Lösung bevorzugt das zweite Ausführungsbeispiel.

[0093] Isolierte Phasen können in Form von globularen Partikeln vorliegen oder als Schwamm-Agglomerate, die zunächst nicht verbunden sind. In beiden Fällen werden diese am Filtersieb zurückgehalten und verhaken, ohne aber die Fließwege zu blockieren.

[0094] Bei der Schwamm-Lösung werden bevorzugt Al-Fe-Platten erzeugt, die mit einander verwachsen. Diese bilden so in etwa eine Korallen-Struktur. Durch diese hindurch kann dann das gereinigte Al gut abfließen, ohne dass die Schwammstruktur zerbrochen oder von der Schmelze mitgetragen würde.

[0095] Beide Ausführungsbeispiele ermöglichen damit eine effektive Abreicherung von Eisen aus einer Aluminiumschmelze und machen sich dabei die Eigenschaften der thixotropen Aluminiumschmelze zunutze, um die flüssige Phase von der festen Phase zu trennen.

[0096] Das erste Ausführungsbeispiel kommt hierbei bevorzugt bei der Abreicherung von Aluminium mit einem bereits relativ niedrigem Eisenanteil von beispielsweise weniger als 2 Gew. % oder 1 Gew. % zum Einsatz, z. B. für eine Reduzierung der Fe-Konzentration von 0,7 auf 0,3 Gew. %. In diesem Bereich bilden sich keine stabilen Schwämme, sondern es bilden sich 3-D Skelette, die beim Zentrifugieren brechen oder isolierte Inseln mit Fe-Phasen. Daher kommt es während des Zentrifugierens zu einer Wanderung der Fe-Phasen zusammen mit der Rest-Schmelze. Das Siebelement hält diese festen Phasen zurück und lässt die Schmelze durch. Oberhalb des Siebelements entsteht hierbei ein Filterkuchen aus Fe-reichen Phasen.

[0097] Das zweite Ausführungsbeispiel kommt bevorzugt bei der Abreicherung von Aluminium mit einem höheren Eisenanteil von beispielsweise mehr als 2 Gew. % zum Einsatz, z.B. bei einem Anteil von 2 bis 5 Gew. % Eisen. Dort bildet sich bei entsprechender Prozessführung ein fester Schwamm an Fe-reichen Phasen aus, der auch während des Zentrifugalprozesses im Wesentlichen unverändert zusammenhält, so dass auf ein Siebelement verzichtet werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zum zumindest teilweisen Entfernen von Eisen aus einer Aluminiumschmelze, mit den Schritten:

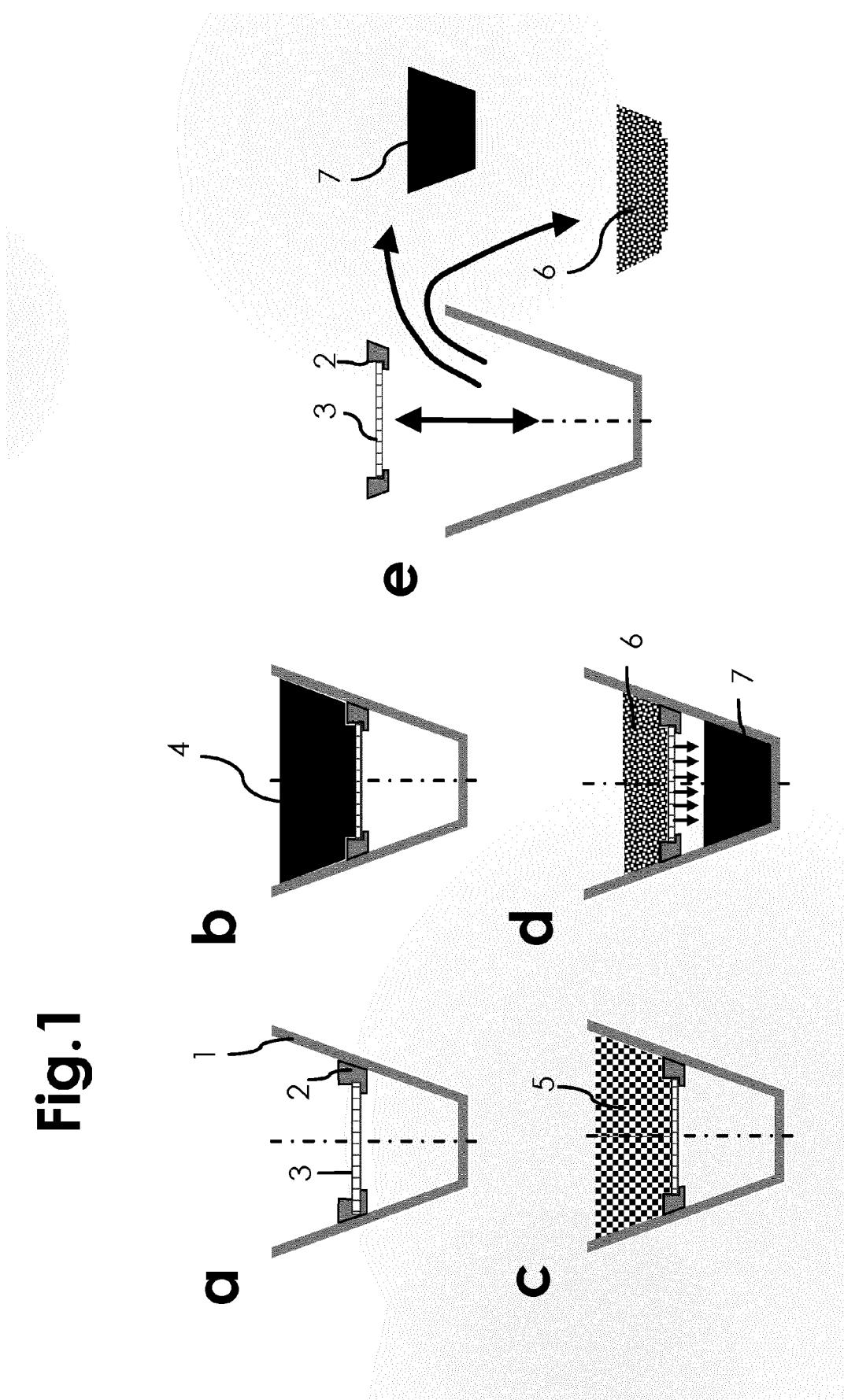
- Erzeugen einer thixotropen Aluminiumschmelze, welche eine flüssige und eine feste Phase enthält, und
- Abtrennen der flüssigen Phase durch die Einwirkung einer Zentrifugalkraft auf die thixotrope Aluminiumschmelze.

50 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die feste Phase zurückgehalten und die flüssige Phase durch Anwendung der Zentrifugalkraft abgetrennt wird, wobei die feste Phase bevorzugt in einem Behälter oder Behälterbereich, in welchem die Aluminiumschmelze erzeugt wird, verbleibt und bevorzugt darauffolgend aus diesem entnommen wird, wobei die feste Phase bevorzugt in Form einer 3-dimensional vernetzten, insbesondere schwammartigen Struktur

- und/oder als Partikel und/oder Agglomerate, welche sich beim Abtrennen der flüssigen Phase aufeinander abstützen, ausgebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei ein Rückhalteelement eingesetzt wird, welches die feste Phase zurückhält, während die flüssige Phase abgetrennt wird. 5
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei es sich bei dem Rückhaltelement um einen Behälter handelt, in welchem die thixotrope Aluminiumschmelze mit einer festen und einer flüssigen Phase erzeugt wird, und welcher mindestens eine Abflussöffnung für die flüssige Phase aufweist, wobei der Behälter bevorzugt eine sich in Richtung auf eine Abflussöffnung verjüngende Form aufweist und/oder auf der der Abflussöffnung gegenüberliegenden Seite offen ist, um die zurückgehaltene feste Phase zu entnehmen, wobei bevorzugt der Behälter, in welchem die thixotrope Aluminiumschmelze hergestellt wird, für das Abtrennen der flüssigen Phase in einen Auffangbehälter eingesetzt wird, in welchem die aus der Abflussöffnung des Behälters abfließende flüssige Phase aufgefangen wird, wobei der Auffangbehälter bevorzugt eine sich verjüngende Form aufweist. 10
- 15
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die thixotrope Aluminiumschmelze in einem Behälter erzeugt wird, und wobei das Erzeugen der thixotropen Aluminiumschmelze mit einer ersten Position des Behälters relativ zur Schwerkraft erfolgt, wobei in der ersten Position eine Abflussöffnung des Behälters, über welche die flüssige Phase bei dem Schritt des Abtrennens aus dem Behälter abfließt, relativ zur Schwerkraft auf einer oberen Seite angeordnet ist, wobei bevorzugt das Einsetzen des Behälters in eine Zentrifuge zum Abtrennen der flüssigen Phase aus dem Behälter mit einer zweiten, gegenüber der ersten Position geänderten Position des Behälters relativ zur Schwerkraft erfolgt. 20
- 25
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, wobei der Behälter einen Deckel aufweist, welcher beim Erzeugen der Aluminiumschmelze einen Bodenbereich des Behälters bildet und/oder welcher zum Entnehmen der festen Phase aus dem Behälter vom Behälter abgenommen werden kann, wobei bevorzugt der Deckel auf einer der Abflussöffnung des Behälters, über welche die flüssige Phase bei dem Schritt des Abtrennens aus dem Behälter abfließt, gegenüberliegenden Seite angeordnet ist und/oder wobei der Behälter ausgehend von der Seite, welche durch den Deckel beim Aufschmelzen verschlossen ist, eine sich verjüngende Form aufweist. 30
- 35
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen An- 40
- 45
- 50
- 55
- sprüche, wobei das Abtrennen der flüssigen Phase über ein Siebelement erfolgt, dessen Öffnungen so klein sind, dass die Aluminiumschmelze nur durch die Schwerkraft und ohne die Einwirkung einer Zentrifugalkraft nicht durch die Öffnungen abfließt, wobei bevorzugt die Öffnungen einen Durchmesser von weniger als 3 mm aufweisen, bevorzugt von weniger als 2 mm, und/oder wobei bevorzugt die Öffnungen einen Durchmesser von mehr als 0,01 mm, bevorzugt von mehr als 0,1 mm aufweisen, wobei der Durchmesser weiter bevorzugt zwischen 0,5 mm und 1 mm liegt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Siebelement in einen Behälter eingesetzt wird, um einen oberen Bereich, in welchem die thixotrope Aluminiumschmelze hergestellt wird, und in welchem beim Abtrennen die feste Phase zurückgehalten wird, von einem unteren Bereich zur Aufnahme der flüssigen Phase zu trennen, wobei das Siebelement bevorzugt entfernt wird, um die flüssige Phase zu entnehmen, bevorzugt nach deren Erstarren.
9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei ein Rückhaltelement, welches die feste Phase zurückhält, während die flüssige Phase abgetrennt wird, in einen Auffangbehälter eingesetzt wird, welcher die flüssige Phase aufnimmt, wobei bevorzugt der Auffangbehälter, welcher die flüssige Phase aufnimmt, eine sich auf sein verschlossenes Ende hin verjüngende Form aufweist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei es sich bei dem Rückhaltelement um ein Siebelement handelt, welches in den ersten Behälter eingesetzt wird, um einen oberen Bereich zum Zurückhalten der festen Phase von einem unteren Bereich zur Aufnahme der flüssigen Phase zu trennen, und/oder wobei es sich bei dem Rückhaltelement um einen weiteren Behälter handelt, in welchem die Aluminiumschmelze mit einer festen und einer flüssigen Phase erzeugt wird, und welcher mindestens eine Abflussöffnung für die flüssige Phase aufweist, wobei der weitere Behälter bevorzugt eine sich in Richtung auf eine Abflussöffnung verjüngende Form aufweist und/oder auf der der Abflussöffnung gegenüberliegenden Seite offen ist, um die zurückgehaltene feste Phase zu entnehmen.
11. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei der Behälter und/oder das Abtrenn- element und/oder der Auffangbehälter und/oder das Siebelement eine keramische Beschichtung aufweist und/oder aus Keramik gefertigt ist und/oder wobei die Zentrifugalkraft über eine Zentrifuge erzeugt wird, in welcher ein mit der thixotropen Aluminiumschmelze gefüllter Behälter in Rotation versetzt wird.

12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die feste Phase nach dem Abtrennen der flüssigen Phase und bevorzugt nach Erstarren aus dem Behälter, in welchem die thixotrope Aluminiumschmelze erzeugt wurde, entnommen wird, insbesondere auf einer einer Abflussöffnung gegenüberliegenden, beim Erzeugen der thixotropen Aluminiumschmelze durch einen Deckel verschlossenen Seite, oder auf einer offenen Seite des Behälters, welche einer geschlossenen Seite, in welcher die flüssige Phase aufgenommen wird, über ein Siebelement gegenüberliegt, und/oder wobei die flüssige Phase nach dem Entfernen der festen Phase und/oder des Abtrennelements entnommen wird, bevorzugt in flüssigem Zustand. 5 10 15
13. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die thixotrope Aluminiumschmelze hergestellt wird, indem eine flüssige Aluminiumschmelze kontrolliert auf eine Zieltemperatur abgekühlt wird, wobei das Abkühlen bevorzugt mit einer Geschwindigkeit zwischen 0,1 K/sec und 2 K/sec erfolgt, und wobei die Aluminiumschmelze bevorzugt für eine Haltezeit auf der Zieltemperatur gehalten wird, wobei die Haltezeit bevorzugt zwischen 1 Sekunde und 60 Minuten beträgt, und/oder wobei bevorzugt die flüssige Aluminiumschmelze eine Ausgangstemperatur von mehr als 850°C aufweist und/oder wobei bevorzugt die Zieltemperatur in einem Bereich von 575°C bis 655°C liegt und/oder wobei bevorzugt die flüssige Aluminiumschmelze zum kontrollierten Abkühlen in einen Behälter gefüllt wird, welcher nach dem Abkühlen in eine Zentrifuge verbracht wird, in welcher die flüssige Phase abgetrennt wird. 20 25 30 35
14. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Vorrichtung - eine Einrichtung zum Erzeugen einer thixotropen Aluminiumschmelze, welche eine flüssige und feste Phase enthält, und - eine Einrichtung zum Aufbringen einer Zentrifugalkraft auf die thixotrope Aluminiumschmelze, insbesondere eine Zentrifuge, und zum Abtrennen der flüssigen Phase durch die Einwirkung einer Zentrifugalkraft, 40 45 umfasst. 50
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei die Vorrichtung eine Steuerung und Aktuatoren, welche zum Durchführen des Verfahrens nach einem der vorangegangenen Ansprüche eingerichtet sind, umfasst, insbesondere zum automatisierten Durchführen des Verfahrens, und/oder wobei die Vorrichtung ein Siebelement und/oder einen Behälter mit einer Abflus- 55

söffnung umfasst, welcher bevorzugt in einen Behälter zur Aufnahme der flüssigen Phase einsetzbar ist.



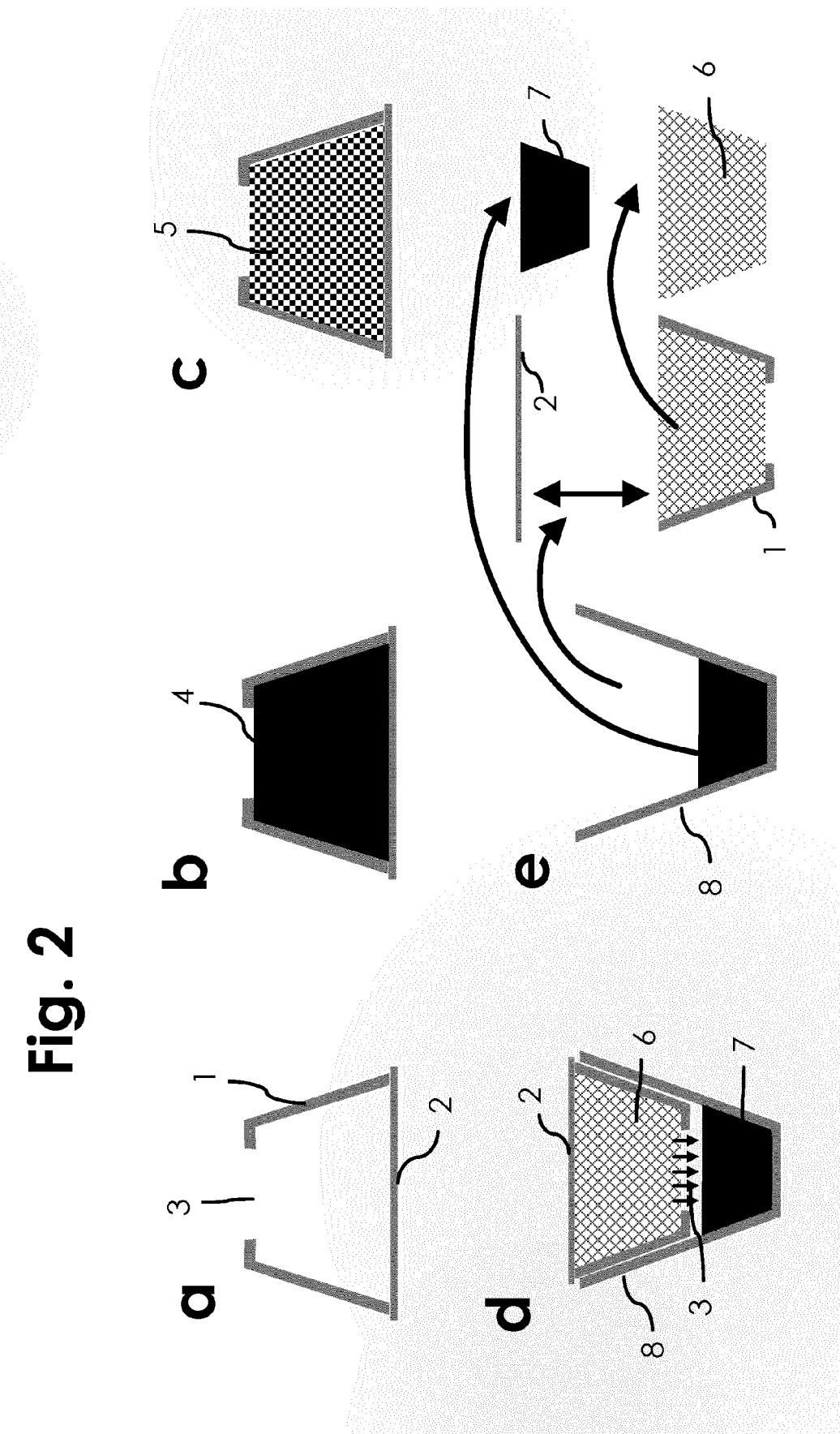


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 19 0250

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	X CN 110 819 822 A (NIU QIANG) 21. Februar 2020 (2020-02-21) * Abbildungen 12, 13 * * Beispiel 2 * * Anspruch 5 * * Absatz [0083] * -----	1-15	INV. C22B5/04 C22B9/02 C22B21/06
15	X CN 102 069 147 A (UNIV NANCHANG HANGKONG) 25. Mai 2011 (2011-05-25) * Abbildung 2 * * Ansprüche 1, 2, 5 * -----	1-15	
20	X CN 113 621 823 A (UNIV XI AN JIAOTONG) 9. November 2021 (2021-11-09) * Abbildungen 4, 5 * * Beispiele 1, 6 * -----	1-15	
25			
30			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
35			C22B
40			
45			
50	1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 18. Januar 2023	Prüfer Porté, Olivier
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 Anmelddatum 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 22 19 0250

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

18-01-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	CN 110819822 A 21-02-2020 KEINE			
	CN 102069147 A 25-05-2011 KEINE			
20	CN 113621823 A 09-11-2021 KEINE			
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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