



(11)

EP 3 363 920 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.05.2020 Patentblatt 2020/20

(51) Int Cl.:
C22B 9/05 (2006.01) **C22B 15/00** (2006.01)
F27B 3/22 (2006.01) **F27D 3/16** (2006.01)
F27D 27/00 (2010.01) **F27D 3/00** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18156612.6**

(22) Anmeldetag: **14.02.2018**

(54) **SCHMELZOFEN ZUM HERSTELLEN VON WASSERSTOFFARMEN KUPFER UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN VON WASSERSTOFFARMEN KUPFER**

SMELTING FURNACE FOR THE PRODUCTION OF HYDROGEN LEAN COPPER, AND METHOD FOR THE PRODUCTION OF HYDROGEN LEAN COPPER

FOUR DE FUSION DESTINÉ À LA PRODUCTION DE CUIVRE À BAS HYDROGÈNE ET PROCÉDÉ DE PRODUCTION DE CUIVRE À BAS HYDROGÈNE

(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

(30) Priorität: **15.02.2017 DE 102017103016**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.08.2018 Patentblatt 2018/34

(73) Patentinhaber: **KME Mansfeld GmbH 06333 Hettstedt (DE)**

(72) Erfinder:
• **Schwedler, Olaf 39130 Magdeburg (DE)**
• **Busch, Hendrik 06333 Wiederstedt (DE)**

(74) Vertreter: **Griepenstroh, Jörg et al Bockermann Ksoll Griepenstroh Osterhoff Patentanwälte Bergstrasse 159 44791 Bochum (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
JP-A- H1 192 837 US-A1- 2004 007 091
US-A1- 2011 140 319 US-A1- 2016 040 265

- **JOHN R. BROWN: "Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook", REFEREX, 1. Januar 1999 (1999-01-01), XP040425304, Internet Gefunden im Internet: URL:https://doi.org/10.1016/B978-075064286-6/50000-0> [gefunden am 2018-06-25]**
- **Åsa Martinsson ET AL: "Hydrogen in oxygen-free, phosphorus- doped copper: charging techniques, hydrogen contents and modelling of hydrogen diffusion and depth profile", , 1 January 2013 (2013-01-01), pages 1-38, XP055615011, Retrieved from the Internet: URL:https://www.skb.se/publikation/2583409/TR-13-09.pdf [retrieved on 2019-08-23]**
- **B. Friedrich ET AL: "Melt Treatment of Copper and Aluminium - The Complex Step Before Casting : Proceedings of the International Conference on Continuous Casting of Non-Ferrous Metals" In: "Continuous Casting : Proceedings of the International Conference on Continuous Casting of Non-Ferrous Metals", 26 November 2005 (2005-11-26), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, XP055483642, ISBN: 978-3-527-31341-9 pages 1-22, DOI: 10.1002/9783527607969.ch1,**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 363 920 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schmelzeofen zum Herstellen von wasserstoffarmem Kupfer und ein Verfahren zum Herstellen von wasserstoffarmem Kupfer sowie eine Kupferschmelze und ein Kupferelement.

[0002] Bei der Herstellung von Kupferteilen, wie beispielsweise Halbzeugen, verursacht ursprünglich in der Kupferschmelze befindlicher Wasserstoff Blasen an der Oberfläche der Kupferteile. Um entsprechende Qualitäten bereitzustellen, bei denen die Blasen vermindert sind oder entsprechend nicht auftreten, werden hergestellte Kupferelemente, wie beispielsweise Halbzeug, mit dem Auge nach derartigen Blasen untersucht und entsprechend aussortiert. Diese Verfahren sind sowohl zeitaufwendig als auch logistisch herausfordernd.

[0003] Allgemeine Informationen zur Behandlung von Kupferschmelzen können Friedrich und Kräutlein; Melt Treatment of Copper and Aluminium - The Complex Step before Casting. in Metallurgija - Journal of Metallurgy 2006, 251 - 266, entnommen werden.

[0004] Es ist bekannt, in einer Schmelze durch Einfügen von Gasblasen den Wasserstoffgehalt der Schmelze zu verringern. Dabei stehen unterschiedliche Möglichkeiten des Einbringens von Gasblasen zur Verfügung. Zum einen mittels eines Impellers, durch den das Gas geführt und durch Rotieren in die Kupferschmelze eingebracht wird, zum anderen durch Spülsteine, welche im unteren Bereich eines Kupferschmelzeofens angeordnet sind oder unter Verwendung einer Spülgaslanze, welche in die Kupferschmelze eingeführt wird und über die Gasblasen der Kupferschmelze zugeführt werden können. Besonders vorteilhaft ist, wenn die Gasblasen möglichst klein sind oder in großer Anzahl vorliegen. Dadurch kann auf die Reaktionsfläche Einfluss genommen werden, da Wasserstoff aus dem Kupfer in die einzelnen Gasblasen hineindiffundiert.

[0005] In John R. Brown: "Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook", REFEREX, 1. Januar 1999 (1999-01-01), XP040425304, Gefunden im Internet: URL:https://doi.org/10.1016/B978-075064286-6/50000-0 [gefunden am 2018-06-25] wird auf Seite 233 in der Figur 16.2 die Wirkung verschiedener Legierungselemente auf die Wasserstofflöslichkeit in legierten Kupferschmelzen gezeigt, wobei für eine Legierung zur Zugabe von mindestens 15 % oder mehr Silber zu der Kupferschmelze eine gelöste Wasserstoffkonstellation von 0,8 ml/100 g erreicht wird, welches rechnerisch einer gelösten Wasserstoffkonstellation von 0,7ppm entspricht. Die Legierungszugaben weiterer Legierungselemente wie Aluminium, Gold, Silber oder Nickel betragen mindestens 15 %.

[0006] Die US 2011/140319 A1 offenbart ein System zur Abgabe von Gas in geschmolzenes Metall, welches einen Halteofen für das geschmolzene Metall, eine erste Kammer mit einer Pumpe an einer Trennwand und eine zweite erhöhte Kammer mit einem Ablauf, beispielsweise

zu einer Gießwanne, aufweist. Mittels der Pumpe wird das geschmolzene Metall von der ersten Kammer in die zweite erhöhte Kammer gepumpt. Ein Rotationsentgaser führt über eine Hohlwelle Gas über Impellerblöcke dem geschmolzenen Metall zu, um es dort zu dispergieren.

[0007] Die US 2004/007091 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Vermindern des Sauerstoffgehaltes einer Kupferschmelze, wobei am Boden des Behandlungsofens ein oder mehrere poröse Spülstopfen zum Zuführen eines Spülgases angeordnet sind, um den Sauerstoffgehalt in der Kupferschmelze zu reduzieren. Für einen ausreichenden Kontakt mit dem Spülgas wird die Kupferschmelze durch elektrische Beheizung so bewegt, dass die Kupferschmelze in der Mitte über den porösen Spülstopfen aufsteigt und an den beiden äußeren Seiten sich abwärts bewegt.

[0008] Die US 2016/040265 A1 offenbart einen Rotationsentgaser zum Dispergieren von Gas in einem geschmolzenen Metall, wobei der Rotationsentgaser eine Hohlwelle zum Zuführen des Gases über Gasabgaböffnungen am unteren Ende des Impellers aufweist. Der Rotationsentgaser ist aufgrund von Kavitäten zwischen den Impellerblättern, in denen sich die Gasblasen anreichern, bevor diese mit dem Impeller im geschlossenen Metall dispergiert werden, mit einer niedrigeren Rotationsgeschwindigkeit betreibbar als bekannte Rührer ohne Kavitäten.

[0009] Die JP H11 92837 A offenbart eine weitere Anordnung zur Rotationsentgasung von Kupferlegierungen, wobei ein inertes Gas in den unteren Teil der Kupferschmelze eingeblasen wird, indem es durch eine Hohlwelle des Rotors geleitet wird.

[0010] In Åsa Martinsson ET AL: "Hydrogen in oxygen-free, phosphorus-doped copper: charging techniques, hydrogen contents and modelling of hydrogen diffusion and depth profile", 1. Januar 2013 (2013-01-01), Seiten 1-38, XP055615011, Gefunden im Internet: URL:https://www.skb.se/publikation/2583409/TR-13-09.pdf [gefunden am 2019-08-23] ist eine Kupferschmelze oder ein Kupferelement mit einem Wasserstoffanteil kleiner 1ppm bekannt.

[0011] Auch in B. Friedrich ET AL: "Melt Treatment of Copper and Aluminium - The Complex Step Before Casting: Proceedings of the International Conference on Continuous Casting of Non-Ferrous Metals" - in: "Continuous Casting: Proceedings of the International Conference on Continuous Casting of Non-Ferrous Metals", 26. November 2005 (2005-11-26), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, XP055483642, ISBN: 978-3-527-31341-9, Seiten 1-22, DOI: 10.1002/9783527607969.ch1, wird ein Verfahren zur Behandlung einer Kupferschmelze beschrieben, bei welcher der Sauerstoffgehalt der Schmelze unter 0.05ppm reduziert werden soll.

[0012] Um die Qualität des hergestellten Kupfers in Bezug auf den Wasserstoffgehalt zu erhöhen, wird nach dem Stand der Technik die Menge des eingebrachten Gases variiert.

[0013] Aufgabe ist es, den Stand der Technik zu verbessern.

[0014] Gelöst wird die Aufgabe durch einen Schmelzeofen zum Herstellen von wasserstoffarmem Kupfer aus einer Kupferschmelze, wobei der Schmelzeofen einen Behälter mit einem Schmelzeraum und einem schmelzeseitigen Begasungszugang zum Einbringen von Spülgasbläschen bildenden Spülgases in die Kupferschmelze aufweist und der Begasungszugang unterhalb eines Rührwerks angeordnet ist, sodass in der Kupferschmelze befindliche Spülgasbläschen bei einem Rühren des Rührwerks mit dem Rührwerk kontaktieren.

[0015] Somit werden beim Rühren die in der Kupferschmelze befindlichen Spülgasbläschen mit der Kupferschmelze in eine wirbelnde Bewegung gebracht.

[0016] Durch diese Ausgestaltung konnte die Menge des eingesetzten Spülgases bei geforderter Kupferqualität deutlich verringert werden und vor allem der Wasserstoffgehalt im Endprodukt (Kupferteil) deutlich vermindert werden. Diese überraschende Wirkung könnte auf dem Effekt beruhen, dass eingebrachte Spülgasbläschen in der Kupferschmelze nach oben steigen und sich dabei mit anderen Spülgasbläschen zu größeren Spülgasblasen vereinigen und dadurch die zum Diffundieren für den Wasserstoff zur Verfügung stehende Oberfläche vermindert wird und durch das Rühren und somit Kontaktieren mit dem Rührwerk die Gasblasen wiederum zu Spülgasbläschen zerkleinert werden. Es könnte auch daran liegen, dass Spülgasbläschen durch Kontakt mit der Oberfläche des Rührwerks durch Teilablösungen verkleinert werden und somit die Gesamtoberfläche der Spülgasbläschen erhöht wird.

[0017] Folgendes Begriffliche sei erläutert:

Ein "Schmelzeofen" ist eine Vorrichtung, in der Kupferausgangsmaterialien verflüssigt und/oder flüssiges Kupfer, insbesondere thermisch, behandelt wird, um auf die Kupferschmelze einwirken zu können. Unter dem Begriff "Kupfer" wird insbesondere ein Metall oder eine Metalllegierung verstanden, welche wenigstens einen Anteil von 50 Masse-% Cu aufweisen. Auch wird als Kupfer das Metall oder die Metalllegierung bezeichnet, welche einen Mindestanteil von 99 Masse-% oder noch höhere Reinheitsgehalte an Cu aufweisen.

[0018] Unter "wasserstoffarm" wird verstanden, dass der Anteil an elementaren und/oder gasförmigem Wasserstoff (H_2) gegenüber unbehandeltem Kupfer oder unbehandelter Kupferschmelze verringert ist und die Anzahl der Blasen oder entsprechend die Größe der Blasen an der Oberfläche von Kupferteilen gegenüber Kupferteilen aus unbehandeltem Kupfer verringert ist.

[0019] Eine "Kupferschmelze" ist Kupfer oder eine Kupferlegierung mit viskosen Eigenschaften. Im Gegensatz zu festem Kupfer oder festen Kupferlegierungen weist das Kupfer oder entsprechend die Kupferlegierung in der Kupferschmelze eine gewisse Viskosität auf, sodass beispielsweise ein Rühren mittels eines Rührwerks möglich ist.

[0020] Der "Behälter" ist insbesondere ein Gefäß, in

welchem die Kupferschmelze einer Kupferschmelzenbehandlung zugeführt wird. Der Behälter kann dabei Heizelemente zum Aufrechterhalten oder Erhöhen einer Temperatur der Kupferschmelze aufweisen und weist im Allgemeinen im Inneren einen "Schmelzeraum" auf, in welchem die Kupferschmelze gelagert oder entsprechend behandelt wird.

[0021] Ein "Schmelzeseitiger Begasungszugang" ist insbesondere dadurch gegeben, dass von außen in die Kupferschmelze Spülgasbläschen einbringbar sind. Dies kann beispielsweise durch sogenannte Spülsteine erfolgen, welche häufig bodenseitig am Behälter des Schmelzeofens angeordnet sind, oder auch durch Spülgaslanzen, welche von oben in die Kupferschmelze eingeführt werden und deren Spülgasauslass bodennah angeordnet wird. Letztendlich kann grundsätzlich auch ein Impeller zum Einbringen von Spülgasbläschen als schmelzeseitiger Begasungszugang verstanden werden.

[0022] Als "Spülgas" können unterschiedliche Gase eingesetzt werden. So kann beispielsweise Stickstoff (N_2) oder Sauerstoff (O_2) oder Mischungen daraus verwendet werden. Auch Edelgase und andere inerte Gase oder Gasmischungen können eingesetzt werden. Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Spülgas im Wesentlichen ölfrei und trocken ist. Das "Spülgas" sollte keine Verunreinigungen wie Wasserstoff, Feuchte (Wasser) u./o. Öl enthalten, da es sonst selbst zur Wasserstoffquelle für das Kupfer werden könnte.

[0023] Das "Rührwerk" ragt zumeist teilweise in die Kupferschmelze hinein und prägt mittels Rotation des Rührwerks der Kupferschmelze eine Rotation auf, wodurch ein Durchmischen der Kupferschmelze erfolgt. Dabei werden sowohl die Kupferschmelze als auch die Spülgasbläschen in der Kupferschmelze verteilt. Somit hat der in der Kupferschmelze befindliche Wasserstoff ausreichend Möglichkeit, in die Spülgasbläschen hinein zu diffundieren.

[0024] Unter "unterhalb des Rührwerks angeordnet" wird insbesondere verstanden, dass erst nach einem Aufsteigen in der Kupferschmelze die Spülgasbläschen Teile des Rührwerks kontaktieren können.

[0025] Das "Kontaktieren" bedeutet, dass die Spülgasbläschen mit Teilen des Rührwerkes und somit mit Teilen der Oberfläche des Rührwerkes einen physikalischen Kontakt ausbilden können.

[0026] In einer weiteren Ausgestaltung des Schmelzeofens ist das Rührwerk derart ausgebildet, dass durch ein Rühren des Rührwerks Spülgasbläschen zerstoßen werden.

[0027] Das Rührwerk weist insbesondere einen Rührer und eine Welle auf, wobei der Rührer an der Welle angeordnet oder montiert ist. Dabei kann der Rührer als Propellerrührer, Schrägblattrührer, Scheibenrührer, Taumelscheibenrührer, Hollow-Blade-Rührer, Impeller-rührer, Kreuzbalkenrührer, Ankerrührer, Blattrührer, Gitterrührer, Wendelrührer oder Zahnscheibenrührer ausgestaltet sein. Bei der Verwendung eines Propellerrühr-

ners oder auch anderer Rührerausgestaltungen können die Propeller (Scheiben) weitere Elemente, wie Spitzen, Kugeln, Würfel oder dergleichen, aufweisen. Insbesondere bei einem Scheibenrührer, welcher Kreisscheiben aufweist, kann die Scheibenform zum Ende hin konisch zulaufend oder eine variable Scheibendicke aufweisend ausgestaltet sein. Je nach Auswahl des Rührers, den Temperaturen der Kupferschmelze und somit der Viskosität sowie des verwendeten Spülgases oder der Größe der Spülgasbläschen können die Rührer entsprechend ausgewählt und angepasst werden.

[0028] Unter einem "Zerstoben" der Spülgasbläschen wird verstanden, dass der Durchmesser der Spülgasbläschen verkleinert wird, sodass insbesondere aus einer Spülgasblase zwei oder mehr Spülgasbläschen entstehen.

[0029] Um das Vermindern des Wasserstoffanteils in der Kupferschmelze zu beschleunigen oder um die Spülgasbläschen gezielt oder entsprechend homogener in die Kupferschmelze einbringen zu können, kann der Schmelzeofen zwei, drei, vier oder mehr schmelzeseitige Begasungszugänge aufweisen, welche unterhalb des Rührwerks angeordnet sind.

[0030] In einer Ausgestaltungsform ist der Begasungszugang oder wird oder werden der Begasungszugang oder Begasungszugänge durch einen Spülstein oder mehrere Spülsteine und/oder durch eine Spülgaslanze oder mehrere Spülgaslanzen realisiert. Hierüber kann sowohl der Ort des Einbringens der Spülgasbläschen in die Kupferschmelze eingestellt als auch die Art des Begasungsvorgehens verändert werden.

[0031] Um bereits bei der Konstruktion eines Schmelzeofens entsprechende Begasungszugänge vorzusehen, kann einer der Begasungszugänge oder können mehrere der Begasungszugänge in einem Behälterboden des Behälters angeordnet sein. Insbesondere steht dabei eine Seite des Behälterbodens mit der späteren Kupferschmelze in einem Kontakt und bildet somit einen Teil des Schmelzraums.

[0032] Überraschenderweise hat sich weiterhin gezeigt, dass besonders gute Ergebnisse bezüglich des Gehalts an Wasserstoff von herzustellenden Kupferteilen dadurch erreicht werden, dass die Rotationsgeschwindigkeit des Rührwerks unterhalb von 30 U/min liegt.

[0033] Ein Grund dafür kann derzeit nur vermutet werden. Ein Erklärungsansatz lautet, dass durch die niedrige Rotationsgeschwindigkeit die Spülgasbläschen untereinander weniger kontaktieren und sich zu größeren Spülgasblasen zusammenfügen als auch dass teilweise an dem Rührwerk anhaftende Spülgasblasen Teile des Spülgases als Spülgasbläschen in die Kupferschmelze abgeben statt vollständig als Spülgasblase abgelöst zu werden.

[0034] Besonders vorteilhaft bei derart niedrigen Rotationsgeschwindigkeiten ist, dass das Rührwerk in seiner Leistung und/oder Bauform geringer dimensioniert werden kann und dass der Energieverbrauch gegenüber

höheren Umdrehungsgeschwindigkeiten vermindert ist.

[0035] In einem weiteren Aspekt wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Herstellen von wasserstoffarmen Kupfer in einem zuvor beschriebenen Schmelzeofen, wobei im Schmelzraum eine Kupferschmelze eingebracht ist mit folgenden Schritten

- Einbringen eines Spülgases mittels des schmelzeseitigen Begasungszugangs, sodass Spülgasbläschen in der Kupferschmelze eingebracht sind,
- Rotieren des Rührwerks, sodass teilweise die in der Kupferschmelze befindlichen Spülgasbläschen bei einem Kontakt mit dem Rührwerk zerstoben werden und
- Entnehmen der Kupferschmelze, sodass wasserstoffärmeres Kupfer vorliegt.

[0036] Die Definitionen der Begrifflichkeiten entsprechen den zuvor gegebenen Definitionen. Besonders vorteilhaft ist, dass Kupferteile aus der wasserstoffarmen Kupferschmelze hergestellt werden können, welche nur einen geringen Wasserstoffgehalt aufweisen und somit deutlich weniger oder entsprechend kleinere Blasen an ihrer Oberfläche ausbilden als unbehandelte Kupferteile.

[0037] Insbesondere können vorliegend die Rotationsgeschwindigkeiten des Rührwerks deutlich gegenüber dem normalen Herstellungsverfahren vermindert werden, sodass das Rührwerk mit einer Rotationsgeschwindigkeit < 200 U/min, < 100 U/min, < 60 U/min oder < 30 U/min betrieben werden kann.

[0038] Zudem ist ein derartiges Verfahren in kontinuierlichen Kupferherstellungsverfahren (sogenannte Durchlaufverfahren) einsetzbar. Bei derartigen kontinuierlichen Verfahren wird aus der Kupferschmelze kontinuierlich ein Teil der Schmelze abgeführt und neues zu behandelndes Material hinzugefügt.

[0039] In einem weiteren Aspekt ist das Spülgas im Wesentlichen ölfrei und/oder trocken. Somit können die Qualitäten der anschließend aus der Kupferschmelze hergestellten Kupferteile erhöht werden. Weiterhin können als Spülgas O₂, N₂ oder auch CO eingesetzt werden.

[0040] In einem weiteren Aspekt wird die Aufgabe gelöst durch eine Kupferschmelze, welche insbesondere nach einem zuvor beschriebenen Verfahren hergestellt wurde, wobei die Kupferschmelze einen Wasserstoffanteil < 1 ppm, < 0,8 ppm, < 0,5 ppm, < 0,2 ppm oder < 0,1 ppm aufweist. Derartige Qualitäten konnten nach dem bisherigen Stand der Technik nicht erreicht werden.

[0041] Daraus resultiert, dass somit die Aufgabe gelöst wird, dass wasserstoffärmere Kupferteile herstellbar sind. Somit können Kupferelemente oder -teile hergestellt werden, welche aus einer zuvor beschriebenen Kupferschmelze hergestellt sind und welche einen Wasserstoffanteil < 1 ppm, < 0,8 ppm, < 0,5 ppm, < 0,2 ppm oder < 0,1 ppm aufweisen.

[0042] Im Weiteren wird die Erfindung anhand eines

Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dabei zeigt die

Figur 1 eine stark schematische Schnittdarstellung eines Schmelzofens für Kupfer.

[0043] Ein Schmelzofen 101 für Kupfer weist eine Ofenwand 109, ein durch die Ofenwand 109 gebildeten Schmelzraum 103, einen aus einer Keramik-Graphit-Mischung bestehenden Rotor 105 mit zugehörigen Propeller 107 auf. Bodenseitig und somit schmelzeseitig ist in der Ofenwand 109 ein Spülstein 113 mit einem zugehörigen Gaszugang 115 angeordnet.

[0044] Vorliegender Schmelzofen 101 ist für ein kontinuierliches Herstellungsverfahren von Kupfer geeignet. Dabei wird über den Einlass 117 Kupfer in den Schmelzofen 101 eingebracht und kontinuierlich über den Schmelzeauslass 111 abgeführt.

[0045] Vorliegend sei eine Kupferschmelze (nicht dargestellt) in dem Schmelzraum 103 eingebracht. Ein Teil des Rotors 105 sowie der Propeller 107 ist in der Kupferschmelze eingetaucht.

[0046] Der Rotor 105 rotiert mit einer Geschwindigkeit von 30 U/min. Dabei durchmischt der Propeller 107 die Kupferschmelze und verteilt den über den innenliegenden Spülstein 113 eingebrachten Stickstoff (N_2). Dadurch werden in der Kupferschmelze Stickstoffbläschen gebildet, in welche der Wasserstoff (H_2) diffundiert. Die Stickstoffbläschen steigen nach oben, kontaktieren teilweise den Propeller 107, werden durch den rotierenden Propeller 107 in der Kupferschmelze verteilt und verlassen mit dem innenliegenden (hineindiffundierten) Wasserstoff die Kupferschmelze.

[0047] Alternativ oder ergänzend wird über den Gaszugang 115 des Spülsteins 113 Sauerstoff (O_2) in die Kupferschmelze eingebracht. Auch hier entstehen Sauerstoffbläschen, in welche der in der Kupferschmelze befindliche Wasserstoff hineindiffundiert und ggf. gebunden wird.

[0048] Die so um den Wasserstoff verringerte Kupferschmelze wird dann kontinuierlich über den Schmelzeauslass 111 der weiteren Verarbeitung zu Kupferelementen, wie beispielsweise Kupferprofile, zugeführt.

Bezugszeichenliste

[0049]

101	Schmelzofen
103	Schmelzraum
105	Rotor
107	Propeller
109	Ofenwand
111	Schmelzeauslass
113	Spülstein
115	Gaszugang
117	Einlass

Patentansprüche

1. Schmelzofen (101) zum Herstellen von wasserstoffarmen Kupfer aus einer Kupferschmelze, wobei der Schmelzofen einen Behälter mit einem Schmelzraum (103) und einen schmelzseitigen Begasungszugang (115) zum Einbringen von Spülgasbläschen bildenden Spülgases in die Kupferschmelze aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Begasungszugang unterhalb eines Rührwerks (105, 107) angeordnet ist, sodass in der Kupferschmelze befindliche Spülgasbläschen bei einem Rühren des Rührwerks mit dem Rührwerk kontaktieren.
2. Schmelzofen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rührwerk derart ausgestaltet ist, dass durch ein Rühren des Rührwerks Spülgasbläschen zerstoßen werden.
3. Schmelzofen nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schmelzofen zwei, drei, vier oder mehr schmelzseitige Begasungszugänge aufweist, welche unterhalb des Rührwerks angeordnet sind.
4. Schmelzofen nach einem der vorherigen Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der Begasungszugang oder die Begasungszugänge durch einen Spülstein (113) oder mehrere Spülsteine und/oder durch eine Spülgaslanze oder mehrere Spülgaslanzen realisiert ist oder sind.
5. Schmelzofen nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** einer der Begasungszugänge oder mehrere der Begasungszugänge in einem Behälterboden des Behälters angeordnet ist oder sind.
6. Schmelzofen nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rührwerk derart eingerichtet ist, dass eine Rotationsgeschwindigkeit des Rührwerks kleiner 30 U/min ist.
7. Verfahren zum Herstellen von wasserstoffarmen Kupfer in einem Schmelzofen nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei im Schmelzraum eine Kupferschmelze eingebracht ist mit folgenden Schritten
 - Einbringen eines Spülgases mittels des schmelzseitigen Begasungszugangs, sodass Spülgasbläschen in der Kupferschmelze eingebracht sind,
 - Rotieren des Rührwerks, sodass teilweise die in der Kupferschmelze befindlichen Spülgasbläschen bei einem Kontakt mit dem Rührwerk zerstoßen werden und insbesondere die Kupferschmelze und Spülgasbläschen in eine wir-

belnde Bewegung geraten und
- Entnehmen der Kupferschmelze, sodass was-
serstoffärmeres Kupfer vorliegt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rührwerk mit einer Rotationsgeschwindigkeit kleiner 200U/min, kleiner 100U/min, kleiner 60U/min oder kleiner 30U/min betrieben wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Herstellen in einem kontinuierlichen Verfahren, insbesondere Durchlaufverfahren, erfolgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spülgas Öl-frei und/oder trocken ist.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spülgas, O₂, N₂, oder CO ist.

Claims

1. Melting furnace (101) for producing hydrogen-lean copper from a copper melt, the melting furnace having a container with a melting space (103) and a gas supply access (115) on the melt side for introducing purge gas bubbles which form purge gas into the copper melt, **characterised in that** the gas supply access is arranged below an agitator (105, 107) so that purge gas bubbles in the copper melt contact the agitator when the agitator is stirred.
2. Melting furnace according to claim 1, **characterised in that** the agitator is designed such that purge gas bubbles are dispersed by stirring the agitator.
3. Melting furnace according to any of the preceding claims, **characterised in that** the melting furnace has two, three, four or more gas supply accesses on the melt side which are arranged below the agitator.
4. Melting furnace according to any of the preceding claims, **characterised in that** the gas supply access or the gas supply accesses is or are realised by a sink (113) or a plurality of sinks and/or by a purge gas lance or a plurality of purge gas lances.
5. Melting furnace according to any of the preceding claims, **characterised in that** one of the gas supply accesses or a plurality of the gas supply accesses is or are arranged in a vessel bottom of the vessel.
6. Melting furnace according to any of the preceding claims, **characterised in that** the agitator is config-

ured in such a way that a rotational speed of the agitator is less than 30 rpm.

7. Method for producing hydrogen-lean copper in a melting furnace according to any of the preceding claims, wherein a copper melt is introduced into the melting space, having the following steps
- introducing a purge gas by means of the gas supply access on the melt side, so that purge gas bubbles are introduced into the copper melt,
- rotating the agitator so that some of the purge gas bubbles in the copper melt are dispersed upon contact with the agitator and in particular the copper melt and purge gas bubbles start to swirl and
- removing the copper melt so that copper with a lower hydrogen content is provided.
8. Method according to claim 7, **characterised in that** the agitator is operated at a rotational speed of less than 200 rpm, less than 100 rpm, less than 60 rpm or less than 30 rpm.

9. Method according to any of claims 7 or 8, **characterised in that** the production is carried out in a continuous method, in particular a continuous flow method.
10. Method according to any of claims 7 to 9, **characterised in that** the purge gas is oil-free and/or dry.
11. Method according to any of claims 7 to 10, **characterised in that** the purge gas is O₂, N₂, or CO.

Revendications

1. Four de fusion (101) destiné à la production de cuivre à bas hydrogène à partir d'un cuivre fondu, le four de fusion comportant un réservoir avec une chambre de fusion (103) et un accès de gazage côté fusion (115) pour l'introduction de gaz de purge formant des bulles de gaz de purge dans le cuivre fondu, **caractérisé en ce que** l'accès de gazage est agencé en dessous d'un agitateur (105, 107), de telle sorte que des bulles de gaz de purge se trouvant dans le cuivre fondu entrent en contact avec l'agitateur lors d'un brassage de l'agitateur.
2. Four de fusion selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'agitateur est conçu de manière à ce que des bulles de gaz de purge sont dispersées par un brassage de l'agitateur.
3. Four de fusion selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le four de fusion comprend deux, trois, quatre, ou plus, ac-

cès de gazage côté fusion qui sont situés en dessous de l'agitateur.

4. Four de fusion selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'accès de gazage ou les accès de gazage est ou sont mis en œuvre par un bouchon poreux (113) ou plusieurs bouchons poreux et/ou par une lance de gaz de purge ou plusieurs lances de gaz de purge. 5
10
5. Four de fusion selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** des accès de gazage ou plusieurs des accès de gazage est ou sont agencés dans un fond de cuve du réservoir. 15
6. Four de fusion selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'agitateur est aménagé de telle sorte qu'une vitesse de rotation de l'agitateur est inférieure à 30 tr/min. 20
7. Procédé de production de cuivre à bas hydrogène dans un four de fusion selon l'une des revendications précédentes, dans lequel un cuivre fondu est introduit dans la chambre de fusion selon les étapes suivantes : 25
 - Introduction d'un gaz de purge au moyen de l'accès de gazage côté fusion, de sorte que des bulles de gaz de purge sont introduites dans le cuivre fondu, 30
 - Rotation de l'agitateur, de sorte que les bulles de gaz de purge se trouvant dans le cuivre fondu sont dispersées partiellement lors d'un contact avec l'agitateur et en particulier le cuivre fondu et les bulles de gaz de purge entrent en mouvement tourbillonnant et 35
 - Retrait du cuivre fondu, de manière à disposer d'un cuivre à bas hydrogène. 40
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** l'agitateur fonctionne à une vitesse de rotation inférieure à 200 tr/min, inférieure à 100 tr/min, inférieure à 60 tr/min ou inférieure à 30 tr/min. 45
9. Procédé selon l'une des revendications 7 ou 8, **caractérisé en ce que** la production a lieu dans un procédé continu, en particulier un procédé de passage continu. 50
10. Procédé selon l'une des revendications 7 à 9, **caractérisé en ce que** le gaz de purge est exempt d'huile et/ou sec. 55
11. Procédé selon l'une des revendications 7 à 10, **caractérisé en ce que** le gaz de purge est de l'O₂, du N₂ ou CO.

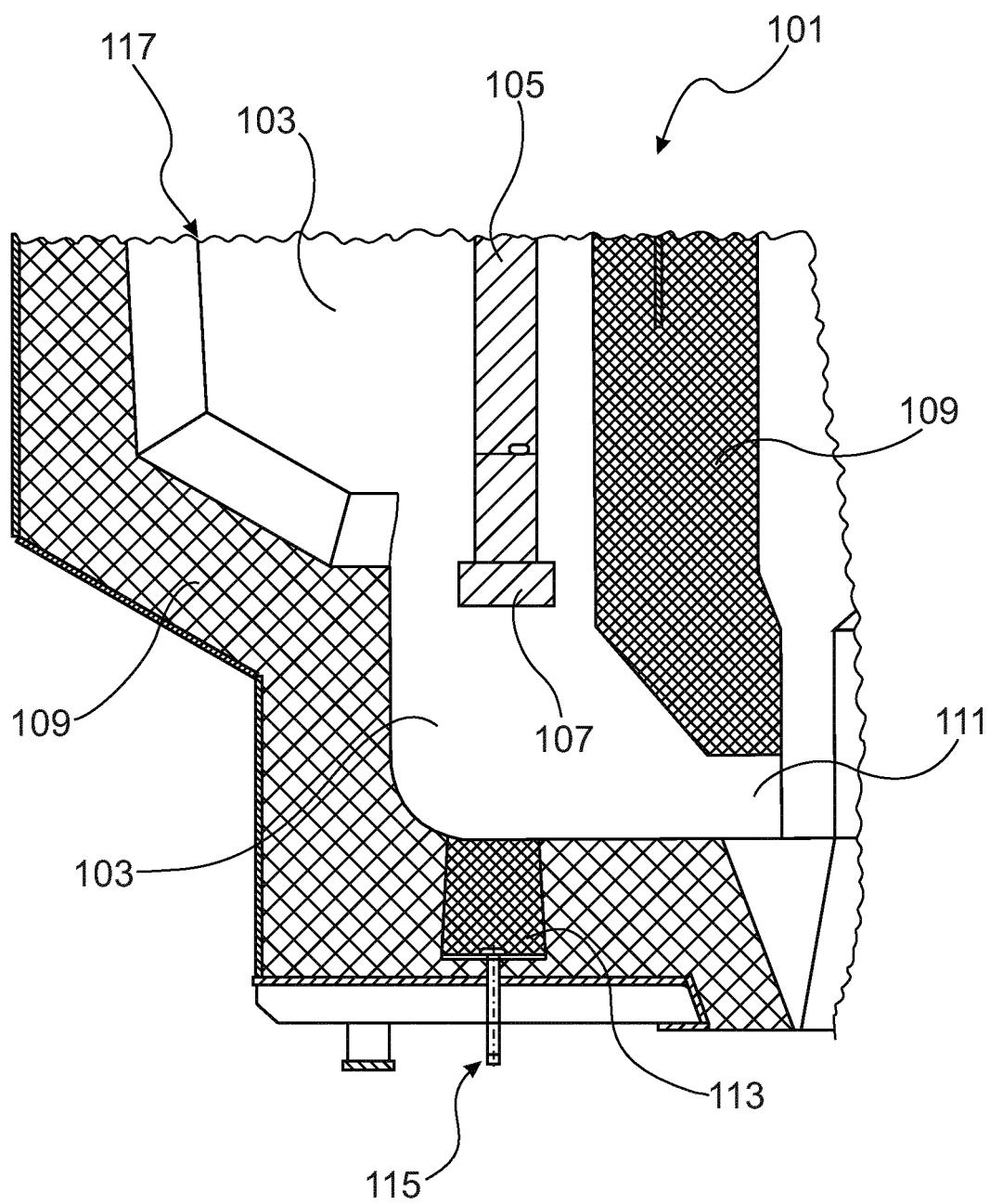


Fig. 1

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

- US 2011140319 A1 [0006]
- US 2004007091 A1 [0007]
- US 2016040265 A1 [0008]
- JP H1192837 A [0009]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **FRIEDRICH ; KRÄUTLEIN.** Melt Treatment of Copper and Aluminium - The Complex Step before Casting. in Metallurgija. *Journal of Metallurgy*, 2006, 251-266 [0003]
- **JOHN R. BROWN.** Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook. *REFEREX*, 01. Januar 1999, 233, doi.org/10.1016/B978-075064286-6/50000-0 [0005]
- **ÅSA MARTINSSON et al.** *Hydrogen in oxygen-free, phosphorus-doped copper: charging techniques, hydrogen contents and modelling of hydrogen diffusion and depth profile*, 01. Januar 2013, 1-38, www.skb.se/publikation/2583409/TR-13-09.pdf [0010]
- Melt Treatment of Copper and Aluminium - The Complex Step Before Casting: Proceedings of the International Conference on Continuous Casting of Non-Ferrous Metals. **B. FRIEDRICH et al.** Continuous Casting: Proceedings of the International Conference on Continuous Casting of Non-Ferrous Metals. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 26. November 2005, 1-22 [0011]