

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2652905

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВО-КРЕМНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Сутягинский Михаил Александрович (RU), Трушко Владимир Леонидович (RU), Бажин Владимир Юрьевич (RU), Савченков Сергей Анатольевич (RU)*

Заявка № 2017109333

Приоритет изобретения 20 марта 2017 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 03 мая 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 20 марта 2037 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
C22C 21/02 (2006.01); C22C 1/02 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017109333, 20.03.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.03.2017

Дата регистрации:
03.05.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.03.2017

(45) Опубликовано: 03.05.2018 Бюл. № 13

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет", отдел интеллектуальной
собственности и трансфера технологий (отдел
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Сутягинский Михаил Александрович (RU),
Трушко Владимир Леонидович (RU),
Бажин Владимир Юрьевич (RU),
Савченков Сергей Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2556188 C1, 10.07.2015. RU
2094515 C1, 27.10.1997. US 5873993 A1,
23.02.1999. RU 2322522 C1, 20.04.2008. RU
2351670 C1, 10.04.2009.

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВО-КРЕМНИЕВЫХ СПЛАВОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии цветных металлов, в частности к электролитическому производству алюминия, и может быть использовано в процессах подготовки алюминиевых сплавов с высоким содержанием кремния (силуминов) марок АК5М2, АК7, АК7пч, АК8М3, АК9, АК12 и других. Способ получения алюминиево-кремниевых сплавов включает загрузку шихтовой смеси в электролизер и электролиз в расплаве электролита, при этом в качестве шихтовой смеси используют микросилику, которую загружают в алюминиевые контейнеры в количестве, соответствующем содержанию кремния в алюминиевом сплаве от 2 до 10 мас.%, контейнеры предварительно

подогревают до температуры от 300 до 400°C, а затем вводят в электролизер под слой электролита, при этом электролиз проводят при непрерывной циркуляции расплава в электролите при температуре от 940 до 950°C и напряжении на электролизере от 4,25 до 4,30 В. Способ позволяет получать алюминиево-кремниевые сплавы непосредственно в электролизере, эффективно использовать отходы кремниевого производства при отсутствии пыления во время загрузки, снизить энергозатраты за счет прямого ввода микросилики в расплав, а также дает возможность управлять загрузкой шихтовых материалов в зависимости от заданного содержания кремния в сплаве. 6 пр., 1 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C22C 21/02 (2006.01)
C22C 1/02 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
C22C 21/02 (2006.01); *C22C 1/02* (2006.01)

(21)(22) Application: **2017109333, 20.03.2017**

(24) Effective date for property rights:
20.03.2017

Registration date:
03.05.2018

Priority:

(22) Date of filing: **20.03.2017**

(45) Date of publication: **03.05.2018** Bull. № 13

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2,
federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet", otdel intellektualnoj sobstvennosti i
transfera tekhnologij (otdel IS i TT)**

(72) Inventor(s):

**Sutyaginskij Mikhail Aleksandrovich (RU),
Trushko Vladimir Leonidovich (RU),
Bazhin Vladimir Yurevich (RU),
Savchenkov Sergej Anatolevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet" (RU)**

(54) **METHOD OF OBTAINING ALUMINIUM-SILICON ALLOYS**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to non-ferrous metallurgy, in particular to electrolytic production of aluminium, and can be used in the preparation of aluminum alloys with a high content of silicon (silumins) of the grades AK5M2, AK7, AK7pch, AK8M3, AK9, AK12 and others. Method of obtaining aluminium-silicon alloys comprises loading a charge mixture into an electrolysis cell and electrolysis in a molten electrolyte, wherein the charge mixture used is microsilica, which is loaded into aluminium containers in an amount corresponding to silicon content in the aluminium alloy of 2 to 10 wt%, the containers are preheated to a temperature of 300 to 400 °C, and then

introduced into the electrolysis cell under the electrolyte layer, the electrolysis being carried out by continuously circulating the melt in the electrolyte at a temperature of 940 to 950 °C and voltage on the electrolysis cell from 4.25 to 4.30 V.

EFFECT: method makes it possible to obtain aluminium-silicon alloys directly in an electrolysis cell, efficiently use wastes of silicon production without dusting during loading, reduce power consumption due to the direct addition of microsilica into the melt, and also makes it possible to control the loading of charge materials depending on the specified silicon content in the alloy.

1 cl, 6 ex, 1 tbl

Изобретение относится к области металлургии цветных металлов, в частности к электролитическому производству алюминия, и может быть использовано в процессах подготовки алюминиевых сплавов с высоким содержанием кремния (силуминов) марок АК5М2, АК7, АК7пч, АК8М3, АК9, АК12 и других.

5 Известен способ получения литейных алюминиево-кремниевых сплавов (патент РФ №2322522, опубл. 20.04.2008 г.). Сущность способа состоит в том, что в качестве шихты используются первичный силумин, возврат песчано-глинистого литья, возврат
10 кокильного литья при соотношении компонентов, мас.% соответственно (1÷1,6):(2,3÷3,6):(2÷2,6). Плавка осуществляется по следующей технологии: расплавление шихты, содержащей первичный силумин и возврат песчано-глинистого литья, перегрев расплава при температуре от 1000°C до 1050°C, охлаждение расплава за счет ввода от 60 до 70% массы возврата кокильного литья, последующая загрузка при температуре от 825°C до 875°C остатка возврата кокильного литья, рафинирование и разливка.

Недостатками способа являются высокие энергетические затраты на нагрев шихты
15 и существенные потери сырья во время операций загрузки, а также низкий выход годной продукции.

Известен способ получения литейных алюминиевых сплавов из вторичного сырья (патент РФ №2351670, опубл. 10.04.2009 г.), включающий расплавление основной шихты, перегрев расплава при температуре от 990°C до 1000°C, выдержку расплава при
20 температуре перегрева, охлаждение расплава загрузкой в него твердой металлической шихты: первая порция вводится при температуре перегрева и составляет от 8 до 10% от массы основной шихты; вторая порция вводится при температуре от 860°C до 870°C и составляет от 4 до 6% массы основной шихты, третья порция вводится при температуре от 750°C до 760°C и составляет от 4 до 6% массы основной шихты, рафинирование и
25 разливку расплава.

Недостатками способа являются многостадийность процесса и большие энергетические затраты, поскольку способ предусматривает высокие температуры перегрева, также полученный сплав имеет низкий уровень механических свойств.

Известен способ получения силуминов (патент РФ №2094515, опубл. 27.10.1997 г.),
30 включающий расплавление алюминия, введение в расплав шлака производства сплавов на основе алюминия или съёмов, образующихся при получении отливок из алюминиево-кремниевых сплавов, а также ввод кварцевого песка и наводороживание расплава.

Недостатками способа являются трудоемкость и низкая эффективность процесса, а также высокий уровень содержания примесей в полученных сплавах.

35 Известен способ переплава пылевидных отходов кремния в среде твердожидкого алюминия (патент РФ №2180013, опубл. 27.02.2002 г.), включающий плавление алюминиевого расплава, введение кристаллического кускового кремния при температуре от 1350°C до 1650°C с одновременным барботированием и охлаждением расплава инертным газом, ввод пылевидного кристаллического кремния, смешанного с влажной
40 алюминиевой стружкой, струей инертного газа в количестве от 5 до 16% общего веса вводимого в расплав кремния.

Недостатками способа являются низкая эффективность из-за неполного растворения пылевидного кремния, а также высокий уровень опасности при вводе в расплав отходов кремния с влажной алюминиевой стружкой.

45 Известен способ получения алюминиево-кремниевых сплавов в алюминиевых электролизерах (патент РФ №2556188, опубл. 10.07.2015 г.), принятый за прототип, включающий подготовку путем механоактивации загружаемой шихтовой смеси, содержащей алюмосиликатное сырье, включающее отработанную подину, и обратный

электролит алюминиевого электролизера и глинозем, загрузку шихтовой смеси в электролизер с последующим электролизом в расплаве электролита.

Недостатками способа являются высокие энергетические затраты, необходимые для реализации процессов взаимодействия всех шихтовых компонентов с расплавом, необходимость перегрева расплава, а также высокий выход угольной пены, который при нагреве сопровождается науглероживанием электролита алюминиевого электролизера и образованием криолит-глиноземных осадков на подине.

Техническим результатом изобретения является снижение энергетических затрат при получении алюминиево-кремниевых сплавов, упрощение технологического процесса, а также вовлечение в производство алюминиевых сплавов отходов кремниевого производства (микросилики).

Технический результат достигается тем, что в качестве шихтовой смеси используют микросилику, которую загружают в алюминиевые контейнеры в количестве, соответствующем содержанию кремния в алюминии от 2 до 10 мас. %, контейнеры предварительно подогревают до температуры от 300°C до 400°C, а затем вводят в электролизер под слой электролита, при этом электролиз проводят при непрерывной циркуляции расплава в электролите при температуре от 940°C до 950°C и напряжении на электролизере от 4,25 до 4,30 В.

Способ осуществляется следующим образом. Микросилику загружают в алюминиевые контейнеры-трубы с таким расчетным количеством, чтобы выйти на заданный уровень содержания кремния в алюминии (от 2% до 10%), с учетом усвоения кремния равным от 91% до 92%. Затем контейнеры, сжатые по концам с двух сторон, помещают в раздатчик стандартной фурмы и подогревают над проделанным окном в криолит-глиноземной корке до температуры от 300 до 400°C. После подогрева контейнеры вносятся в расплав при помощи стандартной фурмы в специально подготовленные «окна» в корке электролизной ванны. Ввод происходит при температуре от 940 до 950°C и напряжении от 4,25 до 4,30 В. Алюминиевые контейнеры расплавляются в слое металла за 5-8 сек, при этом частички микросилики, под действием движущегося в ванне металла со скоростью от 15 до 20 см/сек, всплывают и попадают в межфазную границу «алюминий-электролит», где происходит электрохимическое восстановление.

Использование электролизера для получения алюминиево-кремниевых сплавов обеспечивает стабильную температуру металла, при этом жидкие фторалюминаты натрия оказывают модифицирующее и рафинирующее действие на сплав, а непрерывная циркуляция металла в электролизере за счет динамического потока расплава под действием электромагнитных сил создает условия для полного растворения микросилики без ее всплытия на поверхность электролита.

Расчетные величины между содержанием кремния и алюминия и их предельным количеством определяются в каждом конкретном случае в зависимости от заданной марки силумина. При превышении содержания примесей в условиях электролитического получения алюминия возможны различные варианты корректировки химического состава.

Для подготовки алюминиевого сплава выбирается группа из 2 электролизеров. В качестве основы используют расплав первичного алюминия марки А7Е, получаемый в электролизерах для производства алюминия. Количество металла в электролизере от 6 до 6,5 т.

Способ поясняется следующими примерами.

Таблица 1 - исходные данные и результаты процесса получения
алюминиево-кремниевых сплавов

Пример	Температура, °С	Напряжение, В	Усвоение кремния, %
1	940	4,25	93,2
2	950	4,25	92,5
3	940	4,30	93,6
4	950	4,30	92,4
5	880	4,10	73,4
6	1030	4,4	70,1

Пример 1. В электролизер марки С8БМ при наличии в нем 6500 кг катодного алюминия ввели по предлагаемому способу 780 кг микросилики. Ввод происходил при температуре 940°С и напряжении 4,25 В. После замера уровня металла производился отбор проб металла для определения химического состава. На подготовку алюминиевого сплава затрачивается 60 мин. После растворения кремниевого сырья во время электролитического процесса получили алюминиево-кремниевый сплав с содержанием Si 5,02 мас. %, соответствующего марке АК7.

Процент усвоения кремния составил 93,2%.

Пример 2. Способ осуществляют идентично примеру 1. В электролизер с катодным алюминием массой 6000 кг ввели по предлагаемому способу 1500 кг микросилики. Ввод происходит при температуре 950°С и напряжении 4,25 В. После растворения кремниевого сырья во время электролитического процесса получили алюминиево-кремниевый сплав с содержанием Si 10,1 мас. %.

Процент усвоения кремния составил 92,5%.

Пример 3. Способ осуществляют идентично примеру 1. В электролизер с катодным алюминием массой 6000 кг ввели по предлагаемому способу 1500 кг микросилики. Ввод происходит при температуре 940°С и напряжении 4,30 В. После растворения кремниевого сырья во время электролитического процесса получили алюминиево-кремниевый сплав с содержанием Si 10,06 мас. %.

Процент усвоения кремния составил 93,6%.

Пример 4. Способ осуществляют идентично примеру 1. В электролизер с катодным алюминием массой 6000 кг, ввели по предлагаемому способу 1500 кг микросилики. Ввод происходит при температуре 950°С и напряжении 4,30 В. После растворения кремниевого сырья во время электролитического процесса получили алюминиево-кремниевый сплав с содержанием Si 9,9 мас. %.

Процент усвоения кремния составил 92,4%.

Пример 5. Способ осуществляют идентично примеру 1. В электролизер марки С8БМ при наличии в нем 6500 кг катодного алюминия ввели по предлагаемому способу 780 кг микросилики. Ввод происходил при температуре 880°С и напряжении 4,1 В. После растворения кремниевого сырья во время электролитического процесса получили алюминиево-кремниевый сплав с содержанием Si 4,1 мас. %.

Процент усвоения кремния составил 73,4%.

Пример 6. Способ осуществляют идентично примеру 1. В электролизер с катодным алюминием массой 6000 кг ввели по предлагаемому способу 1500 кг микросилики. Ввод происходит при температуре 1030°C и напряжении 4,4 В. После растворения кремниевого сырья во время электролитического процесса получили алюминиево-кремниевый сплав с содержанием Si 8,0 мас. %.

Процент усвоения кремния составил 70,1%.

Преимуществами способа являются получение алюминиево-кремниевых сплавов непосредственно в электролизере, снижение энергозатрат при производстве сплавов в литейных отделениях, эффективное использование отходов кремниевого производства, отсутствие пыления во время загрузки, а также возможность управлять загрузкой шихтовых материалов в зависимости от заданного содержания кремния в сплаве. Применение технологии прямого ввода микросилики обеспечивает повышенный срок службы за счет уменьшения количества трещин и пор в катодной футеровке при реакции микросилики с углеродом на подине электролизной ванны.

(57) Формула изобретения

Способ получения алюминиево-кремниевых сплавов, включающий загрузку шихтовой смеси в электролизер и электролиз в расплаве электролита, отличающийся тем, что в качестве шихтовой смеси используют микросилику, которую загружают в алюминиевые контейнеры в количестве, соответствующем содержанию кремния в алюминиевом сплаве от 2 до 10 мас.%, контейнеры предварительно подогревают до температуры от 300 до 400°C, а затем вводят в электролизер под слой электролита, при этом электролиз проводят при непрерывной циркуляции расплава в электролите при температуре от 940 до 950°C и напряжении на электролизере от 4,25 до 4,30 В.