

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **047527**

(13) **B1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2024.08.01**

**(21)** Номер заявки  
**202392413**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2022.02.23**

**(51)** Int. Cl. **C21B 13/00** (2006.01)  
**C21B 5/00** (2006.01)  
**C21C 5/00** (2006.01)  
**C21B 5/06** (2006.01)  
**C21C 5/52** (2006.01)

---

**(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАЛЬНОГО ПРОДУКТА НА НЕСКОЛЬКИХ  
СТАЛЕЛИТЕЙНЫХ УСТАНОВКАХ**

---

**(31)** PCT/IB2021/051613

**(32)** 2021.02.26

**(33)** IB

**(43)** 2023.10.16

**(86)** PCT/IB2022/051597

**(87)** WO 2022/180544 2022.09.01

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
АРСЕЛОРМИТТАЛ (LU)

**(72)** Изобретатель:  
Да Гама Кампос Хьюго (GB), Ван Дер  
Хувен Жан-Мартин (LU)

**(74)** Представитель:  
Фелицына С.Б. (RU)

**(56)** SONG JIAYUAN ET AL: "Comparison of Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Emission for Three Steel Production Routes-Integrated Steel Plant Equipped with Blast Furnace, Oxygen Blast Furnace or COREX", METALS, vol. 9, no. 3, 21 March 2019 (2019-03-21), page 364, XP055840776, DOI: 10.3390/met9030364 paragraph [1(introduction)] - paragraph [2(method)] paragraph [4(Conclusion)] figures 1-10

Ryman Christer ET AL: "Reduction of CO<sub>2</sub> Emissions from Integrated Steelmaking by Optimised Scrap Strategies: Application of Process Integration Models on the BF-BOF System", 12 December 2006 (2006-12-12), pages 1-7, XP055844347, Retrieved from the Internet: URL:https://www.jstage.jst.go.jp/article/isijinternational/46/12/46\_12\_1752/article [retrieved on 2021-09-24] paragraph [3(ObjectiveFunction)] - paragraph [6(Conclusion)]; figures 1-5; tables 1-5

RAMMER BARBARA ET AL: "Comparing the CO<sub>2</sub> Emissions of Different Steelmaking Routes", BHM. BERG UND HUETTENMAENNISCHE MONATSHEFTE, SPRINGER, VIENNA, AU, vol. 162, no. 1, 5 January 2017 (2017-01-05), pages 7-13, XP036140025, ISSN: 0005-8912, DOI: 10.1007/S00501-016-0561-8 [retrieved on 2017-01-05] paragraph [1(introduction)] - paragraph [4(summary)]; figures 1-4; tables 1-3

WANG C ET AL: "Potential CO<sub>2</sub> emission reduction for BF-BOF steelmaking based on optimised use of ferrous burden materials", INTERNATIONAL JOURNAL OF GREENHOUSE GAS CONTROL, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 3, no. 1, 1 January 2009 (2009-01-01), pages 29-38, XP025851048, ISSN: 1750-5836, DOI: 10.1016/J.IJGGC.2008.06.005 [retrieved on 2008-07-15] paragraph [2(Methodology)] - paragraph [4(conclusions)]

---

**(57)** Предложен способ изготовления стального продукта по меньшей мере на двух различных сталелитейных установках, в котором рассчитывают ожидаемое количество выбросов CO<sub>2</sub> при изготовлении указанного продукта на каждой соответствующей сталелитейной установке.

---

**B1**

**047527**

**047527 B1**

Настоящее изобретение относится к способу изготовления стали.

Сталелитейная промышленность, как и многие другие виды деятельности человека, представляет собой источник выброса  $\text{CO}_2$  в атмосферу. Для снижения указанных выбросов  $\text{CO}_2$  на разных уровнях производства воплощаются или разрабатываются многие технологии, посредством, например, рециркуляции колошниковога газа доменной печи, коксовой печи или конвертера. Указанную рециркуляцию можно осуществлять после надлежащей обработки, путём вдувания в другое сталелитейное устройство или использования в качестве сингаза для других производств.

Упомянутые технологии нацелены на снижение прямых выбросов  $\text{CO}_2$  при производстве стальных продуктов.

Однако потребители таких стальных продуктов, как например, производители автомобилей, также должны уменьшать углеродный след своих продуктов и делать столь востребованные стальные продукты удовлетворяющими всем обычным стандартам по показателям физических свойств и качества, а также углеродного следа. Указанный углеродный след  $\text{CO}_2$  не ограничивается прямыми выбросами самого процесса производства.

Таким образом, существует потребность в способе, позволяющем определять и уменьшать углеродный след  $\text{CO}_2$  от стальных продуктов.

Указанная проблема решается при помощи способа, соответствующего изобретению, в котором стальной продукт изготовляют по меньшей мере на двух сталелитейных установках, при этом способ включает стадию расчёта, на которой рассчитывают ожидаемое количество выбросов  $\text{CO}_2$  при изготовлении стального продукта на каждой сталелитейной установке, причём такой расчёт выполняют с учётом всех вкладов  $\text{CO}_2$ , связанных с исходными материалами, источниками энергии и процессами, применяемыми для изготовления стального продукта на каждой соответствующей сталелитейной установке, и изготовление стального продукта на сталелитейной установке, для которой расчётное ожидаемое количество Еожид; выбросов  $\text{CO}_2$  является наиболее низким.

Способ, соответствующий изобретению, также может включать следующие необязательные характеристики, учитываемые по отдельности или в соответствии со всеми возможными техническими сочетаниями:

исходные материалы выбраны из угля, кокса, железной руды, биомассы, спечённой руды, агломератов, окатышей, железа прямого восстановления (ЖПВ), металлолома, минеральных добавок, легирующих элементов, кислорода или водорода;

металлолом представляет собой различные типы и выбран из старого лома, нового лома, первичного лома, собственного лома завода, разливочного лома, дроблёного, пластинчатого и профильного лома, тяжеловесного плавильного лома, отливочного лома, рулонного лома или мелкой обрезки;

источники энергии выбраны из возобновляемой электрической энергии; электрической энергии, вырабатываемой за счёт внутренней рециркуляции газа, отходящего при осуществлении процесса изготовления стали, или посредством улавливания тепла, выделяемого продуктами при осуществлении процесса изготовления стали;

процессы выбраны из коксования, спекания, производства чугуна, производства стали, разлики, процессов окончательной обработки;

процессы выбраны из процессов прямого восстановления, производства чугуна с использованием водорода, электролиза стали, процесса в доменной печи с рециркуляцией колошниковога газа, процесса в доменной печи с конверсией колошниковога газа, производства стали в электродуговой печи, производства стали в конвертере, расплавления металлолома;

для данной сталелитейной установки определяют по меньшей мере два различных маршрута производства стального продукта, а также выполняют расчёт ожидаемого уровня выбросов  $\text{CO}_2$  для каждого указанного определённого маршрута производства и осуществляют изготовление продукта в соответствии с маршрутом производства, характеризующимся наиболее низким расчётным ожидаемым уровнем выбросов  $\text{CO}_2$ ;

после стадии изготовления способ включает стадию создания протокола для изготовленной стали, показывающего ожидаемое количество выбросов  $\text{CO}_2$ , соотнесенное с маршрутом её производства.

Другие характеристики и преимущества настоящего изобретения выяснятся из его описания, которое приводится ниже в виде указания и которое никоим образом не является ограничительным, со ссылкой на прилагаемый чертеж, в котором:

чертеж является блок-схемой способа изготовления стали, соответствующего изобретению.

Чертеж представляет собой блок-схему способа изготовления стального продукта согласно изобретению. Продукт Р может быть изготовлен по меньшей мере на двух сталелитейных установках Si, при этом i равно по меньшей мере двум. Стальной продукт может быть выбран из жидкой стали, стального полупродукта, стального листового проката, стального сортового проката. Из стального листового проката может быть представлен сляб, горячекатаный рулон, холоднокатаный рулон, лист, пластина. Из сортовых прокатов может быть представлен горячекатаный, холоднокатаный или тянутый стержень, арматурный прут, железнодорожные рельсы, проволока, трос, профили, такие как балка с U, I или H-профилем, пакет листов, блюм, заготовка.

Под сталелитейной установкой подразумевается установка, содержащая все необходимые средства производства, позволяющие изготовить рассматриваемый стальной продукт. Средство производства может представлять собой сочетание некоторого количества оборудования. Например, доменная печь с рециркулирующей колошниковой газой является одним средством производства, даже если она включает в себе доменную печь, устройства для обработки газа и устройства для нагрева газа. Средства могут выбраться из установки коксования, установки спекания, установки прямого восстановления, доменной печи, электродуговой печи, конвертера, ковша, установки получения  $H_2$ , химической установки, биотехнической установки, электростанции, печи, установки разлива, прокатной установки, газоочистительных устройств, теплоутилизационных устройств, раскисленных печей, устройств для нанесения покрытия.

Для иллюстрации, если рассматриваемый продукт является жидкой сталью, первая сталелитейная установка S1 может содержать доменную печь, основную кислородную печь и ковшовую печь. Сталелитейная установка S2 может содержать установку прямого восстановления, электродуговую печь и ковшовую печь.

На первой стадии 100 осуществляют стадию расчёта, на которой вычисляют ожидаемое количество выброса  $CO_2$ ,  $E_{ожид}$ , для каждой сталелитейной установки  $S_i$ . Указанный расчёт 100 выполняют с учётом всех вкладов  $CO_2$ , связанных с исходными материалами, источниками энергии и процессами, применяемыми для изготовления стального продукта.

Исходные материалы могут являться материалами различных типов. Они могут включать уголь, кокс, железную руду, биомассу, спеченную руду, агломераты, окатыши, железо прямого восстановления (ЖПВ), металлолом, минеральные добавки, такие как известняк или доломит, легирующие элементы, а также газы, такие как кислород или водород. Металлолом может представлять собой различные типологии, среди них, в частности, старый лом, новый лом, первичный лом, собственный лом завода, разливочный лом, дроблёный, пластинчатый и профильный лом, тяжеловесный плавильный лом, отливочный лом, рулонный лом или мелкая обрезь. Под учётом всех статей поступления  $CO_2$ , связанных с исходными материалами, подразумевается, что принимаются во внимание все выбросы  $CO_2$ , связанные с производством указанных исходных материалов до их использования в процессе изготовления стали. Например, при рассмотрении железной руды, в расчёт должны быть включены все выбросы  $CO_2$ , относящиеся к операциям добычи и обогащению руды. То же самое в случае металлолома, даже если это является вторичной переработкой отходов существующего продукта: лом имеет след  $CO_2$ , исходящий из его предыдущего существования, который необходимо учитывать в расчёте. В зависимости от типологии, след  $CO_2$  может отличаться от одного металлолома к другому.

Разнообразными также могут быть и источники энергии. Они включают электрическую энергию, поступающую из источника возобновляемой энергии, как например, из солнечных панелей или ветряных мельниц, а также электрическую энергию, вырабатываемую электростанцией, которая может использовать газы, образующиеся в результате осуществления сталелитейного процесса, как например, газы доменной печи или газы конвертера. Это также охватывает любое топливо, либо газообразное, либо твёрдое, ископаемое или органическое, которое можно использовать в процессе производства стали. В предпочтительном варианте осуществления источники энергии выбраны из возобновляемой электрической энергии; электрической энергии, вырабатываемой за счёт внутренней рециркуляции газа, отходящего при осуществлении процесса изготовления стали, или посредством улавливания тепла, выделяемого продуктами при осуществлении процесса изготовления стали.

Для достижения наибольшей точности расчёта важно не учитывать влияние  $CO_2$  дважды. Например, если кокс рассматривают как исходный материал для конвертерного процесса и включают его влияние в воздействие исходных материалов, он не должен учитываться как ископаемое топливо и включаться в влияние источников энергии.

Процессы включают все различные процессы, осуществляемые по маршруту производства, и связанные с ними выбросы  $CO_2$ . Это охватывает производство чугуна, получение жидкой стали и процессы окончательной обработки. Производство чугуна включает коксование, спекание, формирование окатышей, процесс в доменной печи, а также прямое восстановление и процессы в шахтной печи. Получение жидкой стали охватывает обезуглероживание, дефосфоризацию и все операции обработки вторичной металлургии или ковшовой обработки, позволяющие превращать чугун в жидкую сталь и регулировать состав жидкой стали для осуществления дальнейших стадий; оно также включает процесс производства стали в электродуговой печи. Процессы окончательной обработки охватывают, в частности, разлива, нагревание, прокатку, охлаждение, сматывание в рулон, формование, дрессировку, сварку, нанесение покрытия. При рассмотрении влияния  $CO_2$  на процесс, в расчёте необходимо учитывать все технологии вторичной переработки побочных продуктов или снижения выбросов, применяемые в упомянутом процессе. Например, процесс в доменной печи без рециркуляции колошниковой газой не оказывает того же воздействия  $CO_2$ , что и тот же самый процесс в доменной печи, в котором колошниковый газ не выпускают в атмосферу, а вместо этого снова впрыскивают в печь.

В предпочтительном варианте осуществления процессы выбраны из процессов прямого восстановления, производства чугуна с использованием водорода, электролиза стали, процесса в доменной печи с рециркуляцией колошниковой газой, процесса в доменной печи с конверсией колошниковой газой, произ-

водства стали в электродуговой печи, производства стали в конвертере, расплавления металлолома. Под производством чугуна с использованием водорода подразумевается любой процесс производства чугуна, как например, процесс прямого восстановления или процесс в доменной печи, в котором восстановительный газ состоит в основном из водорода. Процесс в доменной печи с рециркуляцией колошниковога газа обозначает процесс в доменной печи, в котором колошниковый газ, отходящий из доменной печи, по меньшей мере, частично снова впрыскивают в доменную печь после соответствующих обработок. Процесс в доменной печи с конверсией колошниковога газа подразумевает процесс в доменной печи, в котором колошниковый газ, отходящий из доменной печи, по меньшей мере, частично используют для получения сингаза, который затем далее применяют на химических, биохимических заводах или электростанциях.

Сразу после расчёта указанного ожидаемого количества выбросов  $CO_2$ ,  $E_{ожид_i}$ , сравнивают все значения  $E_{ожид_i}$  и изготавливают продукт Р на сталелитейной установке  $S_i$ , характеризующейся наиболее низким ожидаемым количеством выбросов,  $E_{ожид}$ .

В другом варианте осуществления изобретения для заданной сталелитейной установки  $S_i$ , возможны различные маршруты производства  $MR_{i,x}$ , позволяющие изготавливать продукт Р. Например, при том обстоятельстве, что на сталелитейной установке S1 имеются в наличии все необходимые виды оборудования, сляб можно изготавливать из жидкой стали, произведенной по маршруту  $MR_{1,1}$  "доменная печь/конвертер" или по маршруту  $MR_{1,2}$  с использованием электродуговой печи. В указанном варианте осуществления изобретения стадия 100 расчёта включает вычисление ожидаемого количества выбросов  $CO_2$  для каждого маршрута производства на каждой сталелитейной установке  $E_{ожид_{i,x}}$ . Затем сравнивают все значения  $E_{ожид_i}$  (в случае, когда для сталелитейной установки  $S_i$  доступен только один маршрут производства) и  $E_{ожид_{i,x}}$  и изготавливают продукт Р в соответствии с наиболее низким ожидаемым количеством выбросов из  $E_{ожид_i}$  и  $E_{ожид_{i,x}}$ .

После стадии 110 изготовления настоящий способ также может включать дополнительную стадию 120 создания протокола для изготовленной стали, показывающего количество выбросов  $CO_2$ ,  $E_{ожид_i}$  сопоставленное с маршрутом её производства.

Таким образом, при помощи способа, соответствующего настоящему изобретению, можно производить стальной продукт Р с уменьшенным углеродным следом и определять упомянутый углеродный след.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления стального продукта Р, причем указанный стальной продукт способен изготавливаться по меньшей мере на двух сталелитейных установках  $S_i$ , включающий следующие стадии:

стадию (100) расчёта, на которой рассчитывают ожидаемое количество  $E_{ожид_i}$  выбросов  $CO_2$  при изготовлении продукта Р на каждой сталелитейной установке  $S_i$ , причём указанный расчёт выполняют с учётом всех вкладов  $CO_2$ , связанных с исходными материалами, источниками энергии и процессами, применяемыми для изготовления стального продукта Р, на каждой соответствующей сталелитейной установке  $S_i$ ,

стадию изготовления (110), на которой изготавливают продукт Р на сталелитейной установке  $S_i$ , для которой расчётное ожидаемое количество  $E_{ожид_i}$  выбросов  $CO_2$  является наиболее низким.

2. Способ по п.1, в котором исходные материалы выбраны из угля, кокса, железной руды, биомассы, спечённой руды, агломератов, окатышей, железа прямого восстановления (ЖПВ), металлолома, минеральных добавок, легирующих элементов, кислорода и водорода.

3. Способ по п.2, в котором металлолом представляет собой различные типы и выбран из старого лома, нового лома, первичного лома, собственного лома завода, разливочного лома, дроблёного, пластинчатого и профильного лома, тяжеловесного плавильного лома, отливочного лома, рулонного лома и мелкой обреси.

4. Способ по п.1 или 2, в котором источники энергии выбраны из возобновляемой электрической энергии; электрической энергии, вырабатываемой за счёт внутренней рециркуляции газа, отходящего при осуществлении процесса изготовления стали, и электрической энергии, вырабатываемой посредством улавливания тепла, выделяемого продуктами при осуществлении процесса изготовления стали.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором процессы выбраны из коксования, спекания, производства чугуна, производства стали, разливки, процессов окончательной обработки.

6. Способ по любому из пп.1-4, в котором процессы выбраны из процессов прямого восстановления, производства чугуна с использованием водорода, электролиза стали, процесса в доменной печи с рециркуляцией колошниковога газа, процесса в доменной печи с конверсией колошниковога газа, производства стали в электродуговой печи, производства стали в конвертере, расплавления металлолома.

7. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором для по меньшей мере одной из сталелитейных установок  $S_i$  определяют по меньшей мере два различных маршрута производства,  $MR_{i,x}$ , стального продукта Р и выполняют расчёт ожидаемого количества  $E_{ожид_{i,x}}$  выбросов  $CO_2$  для каждого указанного определённого маршрута производства,  $MR_{i,x}$ , и осуществляют изготовление продукта Р на

сталелитейной установке  $S_i$  и в соответствии с маршрутом производства, которому соответствует наиболее низкое расчётное ожидаемое количество выбросов  $CO_2$  из  $Еожид_i$  и  $Еожид_{i,x}$ .

8. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором после стадии (110) изготовления выполняют стадию создания (120) протокола для изготовленной стали, показывающего количество,  $Еожид_i$ , выбросов  $CO_2$ , соотнесенное с маршрутом её производства.

