

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **048286**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.11.15

(51) Int. Cl. **C21B 13/00** (2006.01)

(21) Номер заявки
202392411

(22) Дата подачи заявки
2021.02.26

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАЛЬНОГО ИЗДЕЛИЯ

(43) **2023.10.16**

(86) **PCT/IB2021/051614**

(87) **WO 2022/180427 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 CO₂ 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 CO₂ 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/sijinternational/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 CO₂ Emissions of Different Steelmaking Routes", BHM. BERG UND HUETTENMAENNISCHE MONATSCHEFTE, 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 CO₂ 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) Способ изготовления стального изделия на сталелитейном заводе, заключающем в себе несколько различных средств производства, включающий определение по меньшей мере двух маршрутов производства с использованием различных средств производства и расчёт ожидаемого уровня выбросов CO₂, связанного с каждым из указанных определённых маршрутов производства.

048286
B1

048286
B1

Настоящее изобретение относится к способу изготовления стали.

Сталелитейная промышленность, как и многие другие виды деятельности человека, представляет собой источник выброса CO_2 в атмосферу. Для снижения указанных выбросов 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 надлежащих обработок, путём впрыскивания в другое сталелитейное устройство или использования в качестве сингаза для других производств.

Упомянутые технологии нацелены на снижение прямых выбросов CO_2 при производстве стальных изделий.

Однако потребители таких стальных изделий, как, например, производители автомобилей, также должны уменьшать углеродный след своих изделий и делать столь востребованные стальные изделия удовлетворяющими всем их обычным стандартам по показателям физических свойств и качества, а также углеродного следа. Указанный углеродный след CO_2 не ограничивается прямыми выбросами самого процесса производства.

Таким образом, существует потребность в способе, позволяющем определять и уменьшать углеродный след CO_2 стальных изделий.

Указанная проблема решается при помощи способа, соответствующего изобретению, в котором стальное изделие должно изготавливаться на сталелитейном заводе, заключающем в себе несколько средств производства, при этом способ включает стадию определения по меньшей мере двух различных маршрутов производства с использованием средств производства, позволяющих изготавливать стальное изделие; стадию расчёта для каждого определённого маршрута производства ожидаемого уровня выбросов CO_2 при изготовлении стального изделия в соответствии с упомянутым маршрутом производства, причём такой расчёт выполняют с учётом всех статей поступления CO_2 , связанных с исходными материалами, источниками энергии и процессами, применяемыми для изготовления стального изделия согласно каждому маршруту производства; и стадию получения стального изделия с использованием средств производства в соответствии с маршрутом производства, характеризующимся наиболее низким расчётным ожидаемым уровнем выбросов CO_2 .

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

способ дополнительно включает первую стадию определения цели, на которой предварительно определяют максимальный уровень выбросов CO_2 при изготовлении стального изделия, и стадию получения осуществляют только в том случае, если наиболее низкий ожидаемый уровень выбросов находится ниже предварительно определённого максимального уровня или равен ему, в противном случае определяют новые маршруты производства и рассчитывают новый, связанный с ними ожидаемый уровень выбросов CO_2 ;

исходные материалы выбраны из металлолома, железной руды, угля, кокса, спечённого сырья, окатышей, газов;

металлолом представляет собой различные типы и выбран из старого лома, нового лома, первичного лома, собственного лома завода, разливочного лома, дроблёного, пластинчатого и структурированного 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 производства стали, или посредством улавливания тепла, выделяемого при осуществлении процесса производства стали;

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;

после стадии получения способ дополнительно включает стадию создания сертификата для изготовленной стали, показывающего уровень E_{ex} ; выбросов CO_2 , связанный с маршрутом её производства;

средства производства выбраны из установки коксования, установки спекания, установки прямого восстановления, доменной печи, электродуговой печи, конвертера, ковша, установки получения H_2 , химической установки, биотехнической установки, электростанции, ковша, печи, установки разлива, прокатной установки, газоочистительных устройств, теплоутилизационных устройств, раскालённых печей.

Другие характеристики и преимущества настоящего изобретения выясняются из его описания, которое приводится ниже в виде указания и которое никоим образом не является ограничительным, со ссылкой на прилагаемую фигуру, которая является блок-схемой способа изготовления стали, соответствующего изобретению;

Фигура представляет собой блок-схему способа изготовления стального изделия согласно изобретению. Стальное изделие P следует производить на сталелитейном заводе S, заключающем в себе несколько средств производства, T_x . Средство производства может представлять собой сочетание некото-

рого количества оборудования. Например, доменная печь с рециркуляцией колошниковога газа является одним средством производства, даже если она включает в себе доменную печь, устройства для обработки газа и устройства для нагрева газа. Средства T_x могут быть выбраны из установки коксования, установки спекания, установки прямого восстановления, доменной печи, электродуговой печи, конвертера, ковша, установки получения H_2 , химической установки, биотехнической установки, электростанции, ковша, печи, установки разлива, прокатной установки, газоочистительных устройств, теплоутилизационных устройств, раскалённых печей.

На первой стадии 100 определяют по меньшей мере два различных маршрута производства, MR_i , позволяющих производить изделие P с использованием средств T_x . Например, $i=3$, в маршруте MR_1 используются средства T_1, T_2, T_3 , которые представляют собой соответственно доменную печь с рециркуляцией колошниковога газа, сталелитейную установку с конвертером и установку непрерывной разлива; в маршруте MR_2 используются средства T_2, T_3 и T_4 , при этом T_4 представляет собой доменную печь, работающую на водороде; в маршруте MR_3 используются средства T_5, T_6 и T_3 , при этом T_5 является электродуговой печью, а T_6 представляет собой установку вторичной металлургии.

На второй стадии 110 рассчитывают ожидаемый уровень выбросов CO_2 , E_{exp} , при изготовлении стального изделия P в соответствии с каждым маршрутом производства, MR_i , с учётом всех статей поступления CO_2 , связанных с исходными материалами, источниками энергии и процессами, применяемыми для изготовления стального изделия согласно каждому маршруту производства, MR_i .

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 структурированный лом, тяжеловесный плавильный лом, отливочный лом, рулонный лом или мелкая обрезь. В предпочтительном варианте осуществления исходные материалы выбраны из биомассы, безобжиговых окатышей, железа прямого восстановления, металлолома, минеральных добавок, легирующих элементов, кислорода и водорода.

Путём учёта 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 сталелитейном процессе. Например, при рассмотрении железной руды в расчёт должны быть включены все выбросы CO_2 , относящиеся к операциям добычи и обогащения руды. То же самое в случае металлолома, даже если это является вторичной переработкой отходов существующего изделия: 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 производства стали, или посредством улавливания тепла, выделяемого при осуществлении процесса производства стали.

Для достижения наибольшей точности расчёта важно не учитывать воздействие 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 воздействие 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 технологии вторичной переработки всех побочных изделий или снижения выбросов, применяемые в упомянутом процессе. Например, процесс в доменной печи без рециркуляции колошниковога газа не оказывает того же воздействия CO_2 , что и тот же самый процесс в доменной печи, в котором колошниковый газ не выпус-

кают 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 колошниковога газа, процесса в доменной печи с конверсией колошниковога газа, производства 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 уровня выбросов CO_2 , E_{exp_i} , сравнивают все значения E_{exp_i} и осуществляют изготовление 120 изделия Р на сталелитейной установке в соответствии с маршрутом производства, MR_i , характеризующимся наиболее низким ожидаемым уровнем выбросов, E_{exp_i} .

После стадии 120 изготовления настоящий способ также может включать дополнительную стадию 130 создания сертификата для изготовленной стали, показывающего уровень E_{exp_i} выбросов CO_2 , связанный с маршрутом её производства.

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

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления стального изделия (Р) на сталелитейном заводе (S), содержащем несколько средств производства (T_x), включающий следующие стадии:

определение (100) по меньшей мере двух различных маршрутов производства (MR_i) с использованием средств производства (T_x), обеспечивающих получение изделия (Р);,

расчёт (110) для каждого определённого маршрута производства (MR_i) ожидаемого уровня выбросов CO_2 (E_{exp_i}) при изготовлении стального изделия (Р) в соответствии с маршрутом производства (MR_i), причём указанный расчёт выполняют с учётом всех выбросов CO_2 , связанных с исходными материалами, источниками энергии и процессами, применяемыми для изготовления стального изделия согласно каждому маршруту производства (MR_i);

получение стального изделия (Р) с использованием средств производства (T_x) в соответствии с маршрутом производства (MR_i), характеризующимся наиболее низким расчётным ожидаемым уровнем выбросов CO_2 (E_{exp_i}).

2. Способ по п.1, включающий первую стадию определения цели, на которой предварительно определяют максимальный уровень выбросов CO_2 (E_{max}) при изготовлении стального изделия (Р) и осуществляют стадию получения только в том случае, если E_{exp_i} находится ниже E_{max} или равен ему, в противном случае определяют новые маршруты производства (MR_i) и рассчитывают новый, связанный с ними ожидаемый уровень выбросов CO_2 (E_{exp_i}).

3. Способ по п.1 или 2, в котором исходный материал выбирают из металлолома, железной руды, угля, кокса, спечённого сырья, окатышей, газов.

4. Способ по п.3, в котором металлолом представляет собой различные типы металлолома, причём металлолом выбирают из старого лома, нового лома, первичного лома, собственного лома завода, различного лома, дроблёного, пластинчатого и структурированного лома, тяжеловесного плавильного лома, отливочного лома, рулонного лома или мелкой обрезки.

5. Способ по любому из пп.1-4, в котором источники энергии выбирают из возобновляемой электрической энергии, электрической энергии, вырабатываемой за счёт внутренней рециркуляции газа, отходящего при осуществлении процесса изготовления стали, или посредством улавливания тепла, выделяемого при осуществлении процесса изготовления стали.

6. Способ по любому из пп.1-5, в котором указанные процессы выбирают 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 пп.1-6, в котором после стадии получения осуществляют стадию создания сертификата для изготовленной стали, показывающего уровень E_{exp_i} выбросов CO_2 , связанный с маршрутом её изготовления.

8. Способ по любому из пп.1-7, в котором средства производства (T_x) выбирают из установки кок-

сования, установки спекания, установки прямого восстановления, доменной печи, электродуговой печи, конвертера, ковша, установки получения H_2 , химической установки, биотехнической установки, электростанции, ковша, печи, установки разлива, прокатной установки, газоочистительных устройств, теплоутилизационных устройств, раскालённых печей.

