

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **048293**

(13) **B1**

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

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2024.11.15**

**(21)** Номер заявки  
**202392412**

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

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

**(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАЛИ**

**(31)** PCT/IB2021/051607

**(32)** 2021.02.26

**(33)** IB

**(43)** 2023.11.30

**(86)** PCT/IB2022/051594

**(87)** WO 2022/180542 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/isijinternational/46/12/46\\_12\\_1752/article](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 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)** В изобретении представлен способ производства общей массы стальных продуктов по меньшей мере на двух сталелитейных установках, в котором рассчитывают ожидаемое количество выбросов и сравнивают его с предварительно определёнными целевыми значениями.

**B1**

**048293**

**048293 B1**

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 колошникового газа доменной печи, коксовой печи или конвертера. Указанную рециркуляцию можно осуществлять после надлежащей обработки, путём впрыскивания 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 их 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 заданная масса стальных продуктов в тоннах должна изготавливаться по меньшей мере на двух сталелитейных установках, при этом способ включает стадию определения целевого значения, на которой определяют общее ожидаемое количество выбросов  $\text{CO}_2$  из всех сталелитейных установок при изготовлении указанной массы стальных продуктов, предварительно определяют максимальное количество выбросов  $\text{CO}_2$  для каждой сталелитейной установки; стадию расчёта, на которой вычисляют ожидаемое количество выбросов  $\text{CO}_2$  для каждой сталелитейной установки, причём такой расчёт выполняют с учётом всех вкладов поступления  $\text{CO}_2$ , связанных с исходными материалами, источниками энергии и процессами, первоначально выбранными для изготовления стальных продуктов согласно первоначальному маршруту производства; стадию сравнения соответствующих рассчитанных ожидаемых количеств и предварительно определённых целевых значений, на которой в случае превышения количества по меньшей мере одного из всех ожидаемых выбросов соответствующего максимального количества, изменяют конечный выбор по меньшей мере одного из всех исходных материалов, источников энергии и процессов, для определения оптимального маршрута производства с оптимальными количествами выбросов  $\text{CO}_2$ , при этом оптимальное количество меньше или равно максимальному количеству, и стадию изготовления, на которой упомянутую массу стальных продуктов производят на сталелитейных установках в соответствии либо с первоначальным способом изготовления, либо с оптимизированным маршрутом производства в случае его определения.

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

изготавливают первый стальной продукт на первой сталелитейной установке, а затем направляют его во вторую сталелитейную установку с целью превращения во второй стальной продукт;

выбирают окончательно избранный исходный материал из угля, кокса, железной руды, биомассы, спечённой руды, агломератов, окатышей, железа прямого восстановления (ЖПВ), металлолома, минеральных добавок, легирующих элементов, кислорода или водорода;

выбирают окончательно избранный исходный материал из биомассы, металлолома, безобжиговых окатышей, железа прямого восстановления (ЖПВ), минеральных добавок, легирующих элементов, кислорода или водорода;

металлолом представляет собой лом разных типов 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;

выбирают окончательно избранные источники энергии 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 производства стали;

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

после стадии изготовления способ дополнительно включает стадию создания протокола, показывающего оптимальное количество выбросов  $\text{CO}_2$ , соотношенное с частью или всей массой изготовленных стальных продуктов,

после стадии изготовления способ дополнительно включает стадию, на которой: сначала вычисляют совокупную величину  $\text{CO}_2$ , испускаемого на стадии изготовления на всех сталелитейных установках при изготовлении указанной массы стальных продуктов, затем вычисляют разность между этой совокуп-

ной величиной и общим ожидаемым количеством выбросов  $\text{CO}_2$  для указанной массы стальных продуктов, определенным на первой стадии определения целевого значения, для определения количества  $\text{CO}_2$ , которое не было испущено; относят все указанное неиспущенное количество  $\text{CO}_2$  или его часть к "зелёной" массе, в тоннах, стальных продуктов, причем указанная "зеленая" масса меньше общей массы в тоннах, для расчёта сниженного количества выбросов  $\text{CO}_2$  для такой "зелёной" массы стальных продуктов за счёт снижения ожидаемого количества выбросов  $\text{CO}_2$ , обусловленных их изготовлением, на такое неиспущенное количество  $\text{CO}_2$ , и стадию создания протокола, показывающего упомянутое сниженное количество выбросов  $\text{CO}_2$ , соотнесенное с указанной "зелёной" массой стальных продуктов,

сниженное количество выбросов  $\text{CO}_2$ , соотнесенное с указанной "зелёной" массой стальных продуктов, равно нулю.

Другие характеристики и преимущества настоящего изобретения выяснятся из его описания, которое приводится ниже в виде объяснения 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 стальных продуктов согласно изобретению. Изготовление заданной массы  $T_{\text{общ}}$  стальных продуктов осуществляют по меньшей мере на двух сталелитейных установках  $S_i$ . 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, блям, заготовка.

Под сталелитейной установкой понимается установка, содержащая все необходимые средства производства, позволяющие получать рассматриваемый стальной продукт. Средство производства может представлять собой сочетание некоторого количества оборудования. Например, доменная печь с рециркуляцией колошниковых газов является одним средством производства, даже если она содержит доменную печь, устройства для обработки газа и устройства для нагрева газа. Средства могут выбраны из установки коксования, установки спекания, установки прямого восстановления, доменной печи, электродуговой печи, конвертера, ковша, установки получения  $\text{H}_2$ , 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  $S_1$  может содержать доменную печь, основную кислородную печь и ковшовую печь. Сталелитейная установка  $S_2$  может содержать установку прямого восстановления, электродуговую печь и ковшовую печь.

На первой стадии 100 определяют две целевые величины: суммарный ожидаемый уровень  $E_{\text{общ}}$  выбросов  $\text{CO}_2$  из всех сталелитейных установок  $S_i$  при изготовлении упомянутой массы  $T_{\text{общ}}$  стальных продуктов в тоннах и максимальный уровень  $\text{CO}_2$  выбросов,  $E_{\text{макс}}$ , для каждой сталелитейной установки  $S_i$ .

Указанные целевые величины можно определить с учётом различных параметров, таких как местные нормативы, уже выброшенное количество  $\text{CO}_2$  в предыдущих производственных циклах, состояние различного производственного оборудования или доступность источников возобновляемой энергии.

На второй стадии 110, которую можно осуществлять либо после первой стадии 100, либо параллельно с ней, осуществляют стадию расчёта, на которой вычисляют ожидаемый уровень выбросов  $\text{CO}_2$ ,  $E_{\text{ожид}}$ , для каждой сталелитейной установки  $S_i$ . Указанный расчёт 110 выполняют с учётом всех статей поступления  $\text{CO}_2$ , связанных с исходными материалами, источниками энергии и процессами, выбранными изначально для изготовления стальных продуктов в соответствии с первоначальным маршрутом производства  $R_i$ .

Исходные материалы могут представлять собой материалы 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 лом различных типов, 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.

Пластинчатый и профильный лом, часто называемый P&S в ломоперерабатывающей промышленности, представляет собой сорт резаного лома чёрного металла, предположительно, не содержащего никаких загрязнителей. Пластинчатый и профильный лом включает пластины из чистой мартеновской стали, профильные конструкционные материалы, отрезанные края, обрезь или разбитые металлокордные шины. Термин "массивный стальной лом (HMS)" или "тяжеловесный плавильный лом" является обозначением стали, подлежащей вторичной переработке, и ковкого железа. Его разделяют на две основные категории: HMS 1 и HMS 2, где HMS 1 не содержит гальванизированной и черной стали, тогда как HMS 2 содержит. Как HMS 1, так и HMS 2, содержит железо и сталь, извлечённые из предметов, разо-

бранных на части или демонтированных в конце их срока службы. Разливочный лом является побочным продуктом процесса изготовления стального листового проката, содержащим только окалину. Рулонный лом содержит рулоны, отбракованные, к примеру, вследствие проблем с качеством, или остатки обрезки рулонов. Отливочный железный лом представляет собой сплав железа, который содержит большое количество углерода. Упомянутое содержание углерода делает его склонным к коррозии. Как результат, отливочный железный лом часто является ржавым и изношенным. Отливочный железный лом может быть получен из нагревательных систем, компонентов транспортных средств и т.д. Другим видом является мелкая обрезь, образующаяся из чистого стального лома, и она включает новую заводскую обрезь (например, отходы листовой жести, высечки и т.д.).

Под учётом всех статей поступления  $\text{CO}_2$ , связанных с исходными материалами, подразумевается, что принимаются во внимание все выбросы  $\text{CO}_2$ , 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  $\text{CO}_2$ , относящиеся к операциям добычи и обогащения руды. То же самое в случае металлолома, даже если это является вторичной переработкой отходов существующего продукта: лом имеет след  $\text{CO}_2$ , идущий от его прошлой "жизни", которую необходимо учитывать в расчёте. В зависимости от типологии, след  $\text{CO}_2$  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.

Для достижения наибольшей точности расчёта важно не учитывать воздействие  $\text{CO}_2$  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,  $\text{MR}_i$ , и связанные с ними выбросы  $\text{CO}_2$ . 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, разливку, нагревание, прокатку, охлаждение, сматывание в рулон, формование, дрессировку, сварку, нанесение покрытия. При рассмотрении влияния  $\text{CO}_2$  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 колошникового газа не оказывает того же воздействия  $\text{CO}_2$ , что и тот же самый процесс в доменной печи, в котором колошниковый газ не выпускают в атмосферу, а вместо этого снова вдувают в печь.

Сразу после расчёта указанного ожидаемого уровня выбросов  $\text{CO}_2$ ,  $E_{\text{ожид}}$ , его используют на стадии 120 сравнения, где сравнивают упомянутый показатель с соответствующим, предварительно определённым целевым значением уровня выбросов,  $E_{\text{макс}_i}$ . Если любое или все значения  $E_{\text{ожид}_i}$  превышают соответствующие значения  $E_{\text{макс}_i}$ , определяют оптимальный маршрут производства,  $\text{OMR}_i$ , с оптимальными уровнями выбросов  $\text{CO}_2$ ,  $E_{\text{оптим}_i}$ , путём изменения конечного выбора любого или всех исходных материалов, источников энергии и процессов таким образом, чтобы значение  $E_{\text{оптим}_i}$  было равно или ниже  $E_{\text{макс}_i}$ . Как пример, в случае заданной сталелитейной установки  $S_1$ , если в первоначальном маршруте производства,  $\text{MR}_1$ , в доменной печи используется уголь как исходный материал, с целью снижения выбросов  $\text{CO}_2$  в оптимальном маршруте производства,  $\text{OMR}_1$ , упомянутый уголь можно заменять торрефицированной биомассой.

В конечном варианте выбора исходные материалы предпочтительно выбирают из биомассы, металлолома, безобжиговых окатышей, железа прямого восстановления (ЖПВ), минеральных добавок, легирующих элементов, кислорода и водорода. Выбранные в конечном итоге источники энергии предпочтительно выбирают 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. Выбранные в конечном итоге процессы выбирают предпочтительно из процессов прямого восстановления, производства чугуна с использованием водорода, электролиза стали, процесса в доменной печи с рециркуляцией колошникового газа, процесса в доменной печи с конверсией колошникового 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; оно охватывает также процесс в доменной печи с введением газа коксовой печи. 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 вдувают 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.

Затем, на последней стадии 140А, 140В осуществляют изготовление указанной в тоннах массы стальных продуктов,  $T_{\text{общ}}$ , на каждой сталелитейной установке  $S_i$ , либо путём воплощения стадии 140А в соответствии с первоначальным маршрутом производства,  $MR_i$ , либо путём воплощения стадии 140В в соответствии с оптимизированным маршрутом производства,  $OMR_i$ .

В первом варианте осуществления изобретения, после стадии получения воплощают дополнительную стадию, которая состоит в создании протокола, показывающего оптимальный уровень  $E_{\text{оптим}}$  выбросов  $CO_2$ , связанный с частью или всей массой  $T_{\text{общ}}$  изготовленных стальных продуктов.

В другом варианте осуществления изобретения, после стадии получения можно воплощать другую стадию, которая состоит, прежде всего, в вычислении совокупной величины  $\Sigma(E_{\text{оптим}_i})$  количества  $CO_2$ , испускаемого на стадии получения всеми сталелитейными установками  $S_i$  при изготовлении упомянутой массы  $T_{\text{общ}}$  стальных продуктов в тоннах, затем вычислении разности  $\Delta_{\text{испущ}}$  между такой совокупной величиной  $\Sigma(E_{\text{оптим}_i})$  и общим ожидаемым количеством выбросов  $CO_2$ ,  $E_{\text{общ}}$ , для указанной массы стальных продуктов,  $T_{\text{общ}}$ , оцененным на стадии 100 определения целевых величин, предназначенной для определения количества  $CO_2$ ,  $E_{\text{неиспущ}}$ , которое не было испущено, с отнесением всего указанного неиспущенного количества  $CO_2$ ,  $E_{\text{неиспущ}}$ , или его части к тоннажу  $T_{\text{зел}}$  стальных продуктов, причем  $T_{\text{зел}}$  меньше  $T_{\text{общ}}$ , для расчёта пониженного уровня выбросов  $CO_2$  для такой массы стальных продуктов,  $T_{\text{зел}}$ , за счёт снижения ожидаемого уровня выбросов  $CO_2$ , обусловленного их изготовлением, на такое неиспущенное количество  $CO_2$ , и, наконец, в создании протокола, показывающего упомянутый пониженный уровень выбросов  $CO_2$ , относящийся к такой массе стальных продуктов в тоннах,  $T_{\text{зел}}$ .

В предпочтительном варианте осуществления сниженный уровень выбросов  $CO_2$ , соотношенный с упомянутым тоннажом стальных продуктов,  $T_{\text{зел}}$ , равен нулю.

При помощи способа, соответствующего настоящему изобретению, можно определять и уменьшать углеродный след стальных продуктов посредством регулирования процесса их изготовления на нескольких установках.

Для иллюстрации, на одной сталелитейной установке  $S_1$  можно получить сляб в соответствии с первоначальным маршрутом производства,  $MR_1$ , при этом указанный сляб затем направляют на вторую сталелитейную установку  $S_2$ , где в соответствии со вторым первоначальным маршрутом производства,  $MR_2$ , его превращают в рулон гальванизированной стали для автомобильной промышленности. Определяют общую массу гальванизированной стали в тоннах,  $T_{\text{общ}}$ . Для каждой установки оценивают максимальный уровень выбросов  $CO_2$ ,  $E_{\text{макс}_1}$  и  $E_{\text{макс}_2}$ . Осуществляют стадию 110 расчёта для вычисления ожидаемых уровней  $E_{\text{ожид}_1}$  и  $E_{\text{ожид}_2}$ , для которых затем проводят сравнение 120 с соответствующими целевыми значениями. Если значение  $E_{\text{ожид}_1}$  превосходит значение  $E_{\text{макс}_1}$ , то определяют оптимальный маршрут производства,  $OMR_1$ , путём регулирования, например, количества лома, загружаемого в конвертер, и увеличения количества газа доменной печи, направляемого на процесс ферментации. Указанный оптимальный маршрут производства,  $OMR_1$ , характеризуется оптимальным уровнем выбросов,  $E_{\text{оптим}_1}$ , который ниже  $E_{\text{макс}_1}$  или равен ему. Если уровень  $E_{\text{ожид}_2}$  находится ниже  $E_{\text{макс}_2}$ , не требуется определять оптимальный маршрут. После этого на сталелитейной установке  $S_1$  получают сляб в соответствии с оптимизированным маршрутом производства,  $OMR_1$ , а затем направляют на сталелитейную установку  $S_2$ , где его превращают в рулон гальванизированной стали согласно первоначальному маршруту производства  $MR_2$ . Доставленная потребителю масса произведённой гальванизированной стали,  $T_{\text{общ}}$ , характеризуется, в результате, уменьшенным общим следом благодаря способу, соответствующему настоящему изобретению.

На сталелитейных установках  $S_1$  и  $S_2$  можно было бы производить также и рулоны гальванизированной стали, и соответствующие их совокупные объёмы продукции обеспечивали бы выработку общей массы продуктов в тоннах.

В качестве ещё одного иллюстративного примера, первая сталелитейная установка,  $S_1$ , могла бы представлять собой установку типа "доменная печь - основная кислородная печь", а вторая сталелитейная установка  $S_2$  могла бы представлять собой установку типа ЖПВ-ЭДП, при этом на двух указанных установках необходимо производить продукт  $P$  в количестве  $T_{\text{общ}}$  при определённом суммарном ожидаемом уровне выбросов  $CO_2$ ,  $E_{\text{общ}}$ , и согласно соответствующим первоначальным маршрутам производства  $MR_1$  и  $MR_2$ , причём соответствующие максимальные уровни выбросов  $CO_2$ ,  $E_{\text{макс}_1}$  и  $E_{\text{макс}_2}$  определяются согласно местным нормативам. В соответствии с упомянутыми маршрутами производства, на сталелитейной установке  $S_1$  можно было бы получить 60% от массы продуктов,  $T_{\text{общ}}$ , при ожидаемом уровне выбросов  $E_{\text{ожид}_1}$ , а на сталелитейной установке  $S_2$  можно было бы получить остальные 40% от  $T_{\text{общ}}$  при

ожидаемом уровне выбросов,  $E_{ожид_2}$ . Однако на сталелитейной установке  $S_1$  необходимо использовать кокс, получаемый с использованием угля, поступающего из очень отдалённого объекта добычи, что делает ожидаемый уровень выбросов,  $E_{ожид_1}$ , выше определённой целевой величины,  $E_{макс_1}$ , тогда как  $E_{ожид_2}$  остаётся ниже  $E_{макс_2}$ . В таком случае, определяют оптимальные маршруты производства,  $OMR_1$  и  $OMR_2$ , при этом  $OMR_1$  включает сниженный расход угля и получение 50% продуктов от массы  $T_{общ_1}$ , тогда как  $OMR_2$  включает повышенный расход лома для получения 50% от массы  $T_{общ_2}$ . В результате,  $E_{оптим_1}$  и  $E_{оптим_2}$  ниже или равны  $E_{ожид_1}$  и  $E_{ожид_2}$  соответственно.

Настоящее изобретение позволяет уменьшить углеродный след изготовления стали в целом, без снижения общей производственной мощности.

Данный способ можно применять на нескольких сталелитейных установках, принадлежащих одной и той же фирме, с целью снижения общего углеродного следа упомянутой компании.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ производства заданной массы стальных продуктов в тоннах,  $T_{общ}$ , по меньшей мере на двух сталелитейных установках  $S_i$ , включающий следующие стадии:

а) стадию определения (100) целевых значений, на которой предварительно определяют максимальное количество выбросов  $CO_2$ ,  $E_{макс_i}$ , для каждой сталелитейной установки  $S_i$ ,

б) стадию расчёта (110), на которой вычисляют ожидаемое количество выбросов  $CO_2$ ,  $E_{ожид_i}$ , для каждой сталелитейной установки  $S_i$ , при этом расчёт выполняют с учётом всех вкладов  $CO_2$ , связанных с исходными материалами, источниками энергии и процессами, выбранными изначально для изготовления стальных продуктов в соответствии с первоначальным маршрутом производства,  $MR_i$ ,

в) стадию сравнения (120) между соответствующими рассчитанными ожидаемыми количествами  $E_{ожид_i}$  и предварительно определёнными целевыми значениями  $E_{макс_i}$ , на которой, если по меньшей мере одно из  $E_{ожид_i}$  превышает соответствующее значение  $E_{макс_i}$ , изменяют конечный выбор по меньшей мере одного из следующих параметров: исходных материалов, источников энергии и процессов, для определения (130) оптимального маршрута производства,  $OMR_i$ , с оптимальными количествами выбросов  $CO_2$ ,  $E_{оптим_i}$ , при этом  $E_{оптим_i}$  меньше или равно  $E_{макс_i}$ ,

г) стадию изготовления (140A, 140B), на которой изготавливают указанную массу стальных продуктов,  $T_{общ}$ , на указанных сталелитейных установках  $S_i$  в соответствии с первоначальным маршрутом производства,  $MR_i$ , а в случае определения оптимального маршрута, в соответствии с оптимальным маршрутом производства,  $OMR_i$ .

2. Способ по п.1, в котором на первой сталелитейной установке изготавливают первый стальной продукт, и затем направляют его на вторую сталелитейную установку для превращения во второй стальной продукт.

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

4. Способ по п.1 или 2, в котором окончательно выбранные исходные материалы представляют собой выбор из биомассы, металлолома, безобжиговых окатышей, железа прямого восстановления (ЖПВ), минеральных добавок, легирующих элементов, кислорода и водорода.

5. Способ по п.3 или 4, в котором металлолом представляет собой лом разных типов и выбран из старого лома, нового лома, первичного лома, собственного лома завода, разливного лома, дроблёного, пластинчатого и профильного лома, тяжеловесного плавильного лома, отливочного лома, рулонного лома и мелкой обрезки.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором окончательно выбранные источники энергии представляют собой выбор 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.

7. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором окончательно выбранные процессы представляют собой выбор 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.

8. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором после стадии d выполняют стадию создания протокола, показывающего оптимальное количество выбросов  $CO_2$ ,  $E_{оптим_i}$ , соотношенное с частью или всей массой изготавливаемого стального продукта,  $T_{общ}$ .

9. Способ по любому из пп.1-7, в котором на стадии а) также определяют ожидаемое суммарное количество выбросов  $CO_2$ ,  $E_{общ}$ , из всех сталелитейных установок  $S_i$  при изготовлении указанной массы стальных продуктов,  $T_{общ}$ , и

после стадии d) выполняют стадию, на которой

вычисляют совокупную величину,  $\Sigma(E_{\text{оптим}_i})$ , количества  $\text{CO}_2$ , испускаемого на стадии d) на всех сталелитейных установках  $S_i$  при изготовлении указанной массы стальных продуктов в тоннах,  $T_{\text{общ}}$ ;

вычисляют разность  $\Delta_{\text{испущ}}$  между такой совокупной величиной,  $\Sigma(E_{\text{оптим}_i})$ , и общим ожидаемым количеством выбросов  $\text{CO}_2$ ,  $E_{\text{общ}}$ , для упомянутой массы стальных продуктов,  $T_{\text{общ}}$ , определенным на стадии a), с тем, чтобы определить количество  $\text{CO}_2$ ,  $E_{\text{неиспущ}}$ , которое не было испущено;

относят всё указанное неиспущенное количество  $\text{CO}_2$ ,  $E_{\text{неиспущ}}$ , или его часть к массе стальных продуктов в тоннах,  $T_{\text{зеленый}}$ , которая меньше  $T_{\text{общ}}$ , для расчёта сниженного количества выбросов  $\text{CO}_2$  для указанной массы стальных продуктов,  $T_{\text{зеленый}}$ , за счёт снижения ожидаемого количества выбросов  $\text{CO}_2$ , обусловленного их изготовлением, на такое неиспущенное количество  $\text{CO}_2$ ,

создают протокол, показывающий упомянутое сниженное количество выбросов  $\text{CO}_2$ , соотнесенное с указанной массой стальных продуктов в тоннах,  $T_{\text{зеленый}}$ .

10. Способ по п.9, в котором упомянутое сниженное количество выбросов  $\text{CO}_2$ , соотнесенное с указанной массой стальных продуктов,  $T_{\text{зеленый}}$ , равно нулю.

