



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

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

Примечание: библиография отражает состояние при переиздании

(52) СПК
B21B 37/00 (2006.01)

(21)(22) Заявка: **2016130269**, 24.12.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.12.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.12.2013

(43) Дата публикации заявки: 30.01.2018 Бюл. № 4

(45) Опубликовано: 24.10.2018

(15) Информация о коррекции:
Версия коррекции №1 (W1 C2)

(48) Коррекция опубликована:
26.11.2018 Бюл. № 33

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 25.07.2016

(86) Заявка РСТ:
IB 2013/002865 (24.12.2013)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2015/097488 (02.07.2015)

Адрес для переписки:
109012, Москва, ул. Ильинка, 5/2, ООО
"Союзпатент"

(72) Автор(ы):

**МОРЕТТО, Кристиан (FR),
ПЕТЕ, Никола (FR),
КУТЮРЬЕ, Одри (FR)**

(73) Патентообладатель(и):
АРСЕЛОРМИТТАЛ (LU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 3605473 A, 20.09.1971. RU 2177847 C1, 10.01.2002. RU 2417850 C2, 10.05.2011. EP 1829623 A1, 05.09.2007. JPS 60223601 A, 08.11.1985. JPH 03151106 A, 27.06.1991.

(54) **СПОСОБ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ**

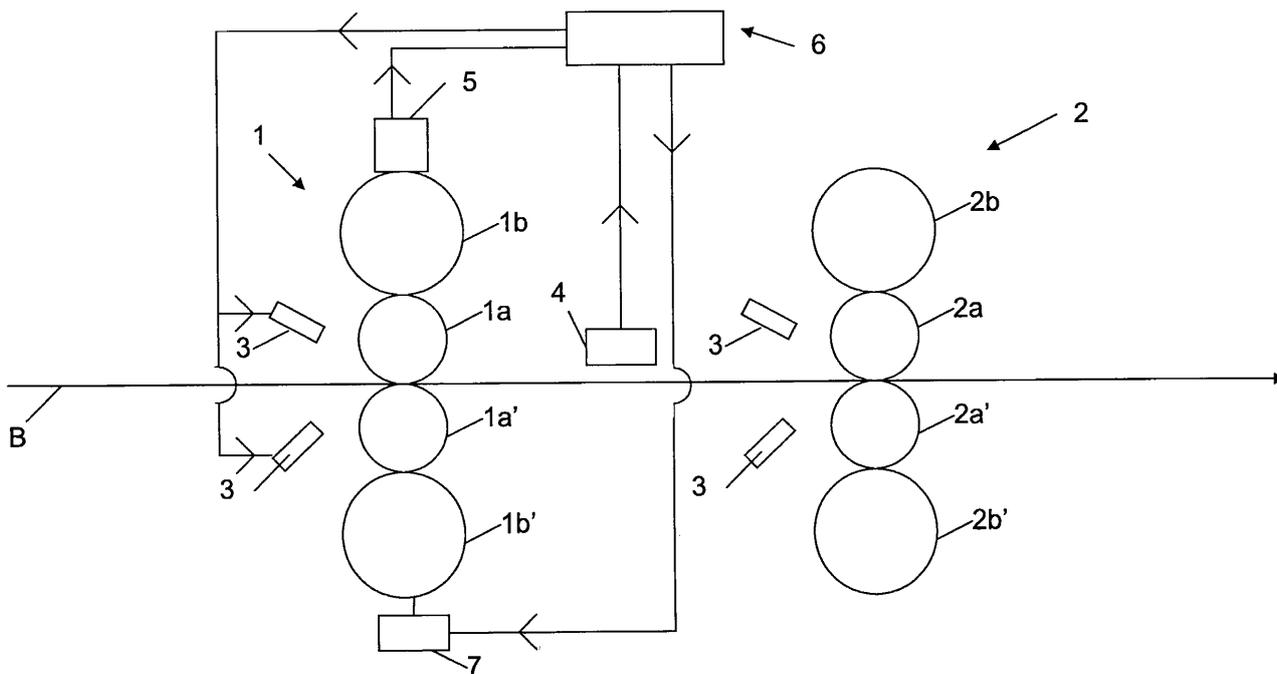
(57) Реферат:

Изобретение относится к области горячей прокатки металлического продукта. Способ регулирования процесса горячей прокатки включает в себя регулирование в клети прокатного стана по меньшей мере одного параметра, выбранного из расхода смазочной эмульсии через распылитель сопла, величины натяжения продукта и усилия нажима валков, измерение скорости продукта на выходе из клети, определение показателя проскальзывания

продукта в направлении его движения, измерение усилия нажима рабочих валков в клети, вычисление в реальном времени коэффициента трения между продуктом и рабочими валками и сравнение вычисленного коэффициента трения с заданным значением, на основании чего регулируют один из указанных параметров таким образом, чтобы коэффициент трения не превышал заданное значение. Изобретение также относится к способу прокатки, используемому упомянутый

способ регулирования, и соответствующему прокатному стану. Использование изобретения

позволяет повысить качество прокатки. 3 н. и 7 з.п. ф-лы, 6 ил.



Фиг. 1

RU 2670630 C9

RU 2670630 C9



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

Note: Bibliography reflects the latest situation

(52) CPC
B21B 37/00 (2006.01)

(21)(22) Application: **2016130269, 24.12.2013**

(24) Effective date for property rights:
24.12.2013

Priority:

(22) Date of filing: **24.12.2013**

(43) Application published: **30.01.2018** Bull. № 4

(45) Date of publication: **24.10.2018**

(15) Correction information:
Corrected version no1 (W1 C2)

(48) Corrigendum issued on:
26.11.2018 Bull. № 33

(85) Commencement of national phase: **25.07.2016**

(86) PCT application:
IB 2013/002865 (24.12.2013)

(87) PCT publication:
WO 2015/097488 (02.07.2015)

Mail address:
109012, Moskva, ul. Ilinka, 5/2, OOO "Soyuzpatent"

(72) Inventor(s):
**MORETTO, Kristian (FR),
PETE, Nikola (FR),
KUTYURE, Odri (FR)**

(73) Proprietor(s):
ARSELORMITTAL (LU)

(54) **HOT-ROLLING METHOD**

(57) Abstract:

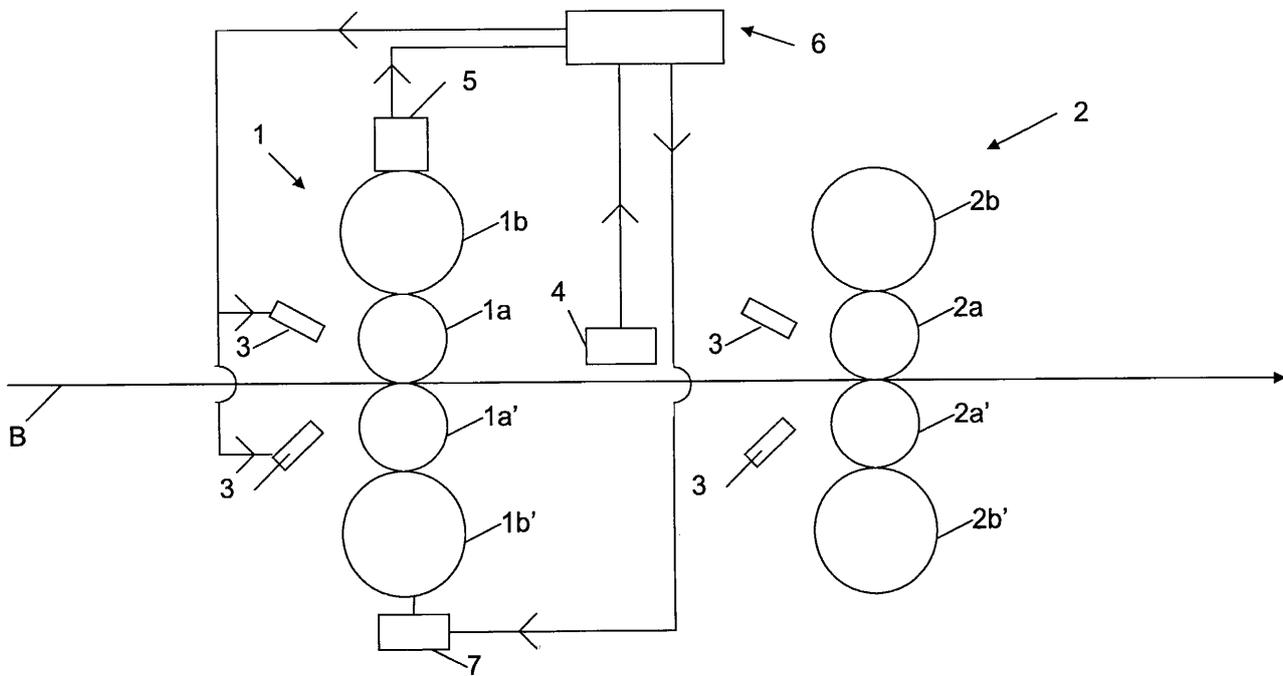
FIELD: metal rolling.

SUBSTANCE: invention relates to the hot-rolling of a metallic product. Method for controlling the hot-rolling process includes adjusting, in a rolling mill stand, at least one parameter selected from the flow rate of the lubricating emulsion through a nozzle atomiser, increasing the tension of the product and the pressing force of the rolls, measuring the speed of the product at the outlet from the stand, determining the forward slippage ratio of the product, measuring the pressing force of the working rolls in the stand, real-time

calculation of the friction coefficient between the product and working rolls and comparing the calculated friction coefficient with a predetermined value, on the basis of which one of said parameters is adjusted so that the friction coefficient does not exceed the predetermined value. Invention also relates to a rolling method using said adjustment method and to a corresponding rolling mill.

EFFECT: use of the invention makes it possible to improve the quality of rolling.

10 cl, 6 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к горячей прокатке металлургической продукции. В частности, оно относится к способу регулирования по меньшей мере одного параметра способа горячей прокатки.

В дальнейшем тексте будет рассмотрен пример горячей прокатки стальных полос, но изобретение можно применять также для горячей прокатки других металлургических изделий, например, из алюминия или его сплавов.

Обычно горячекатаные стальные полосы получают в соответствии со следующей схемой:

- непрерывное литье сляба толщиной от 200 до 260 мм;
- нагрев сляба до температуры около 1100-1200°C;
- пропускание сляба через обжимной стан, содержащий единственную реверсивную клетку или множество независимых клеток (например, в количестве пяти), расположенных последовательно одна за другой, чтобы получить полосу толщиной около 30-50 мм;
- пропускание полосы через чистовой стан, содержащий множество клеток (например, в количестве шести или семи), в которых полоса присутствует одновременно, чтобы придать ей толщину примерно от 1,5 до 10 мм, затем полосу сматывают в рулон.

Затем полученную таким образом горячекатаную полосу подвергают термическим или механическим обработкам для придания ей окончательных свойств или подвергают холодной прокатке, чтобы еще больше уменьшить ее толщину перед осуществлением завершающих термических или механических обработок.

Во время горячей прокатки стальных полос в каждой клетке чистового стана стальная полоса проходит через путь термической и механической обработки определенного профиля (обжим, температура), на который влияет трение между рабочими валками и полосой в рабочем зазоре между валками. Этот путь имеет определяющее влияние на качество полосы (качество поверхности и металлургические свойства).

Поэтому очень важно иметь возможность контролировать и регулировать трение в рабочем зазоре валков (или цилиндров). Слишком высокий коэффициент трения приводит к слишком большому расходу энергии, к быстрому износу валков, а также к появлению поверхностных дефектов на полосе. При слишком низком коэффициенте трения возникают проблемы проскальзывания и направления полосы, а также проблемы ее захождения в клетку.

Регулирование коэффициента трения обеспечивают, в частности, за счет процесса смазки.

В настоящее время, как правило, смазку производят на уровне каждой клетки прокатного стана путем впрыска эмульсии, состоящей из воды и смазочной текучей среды, обычно масла, на валок на уровне рабочего зазора, см., например, документ US-A-3605473.

Необходимость эффективной смазки возрастает при прокатке новых марок стали THR (высокопрочная сталь, как правило, от 450 до 900 МПа) или UHR (сверхпрочная сталь, как правило свыше 900 МПа) и/или новых форматов, например, при толщинах полосы менее 3 мм. Действительно, эти стали, такие как USIBOR®, или стали Dual Phase сами по себе являются более твердыми и требуют приложения более значительного усилия прокатки, что приводит к снижению производительности прокатного стана. Эти стали могут иметь такой состав поверхности, при котором она имеет меньше окалины, обычно действующей как первый элемент смазки.

Кроме того, в современных процессах прокатки, чтобы избежать риска непопадания полосы в рабочий зазор между валками, связанного со слишком высоким коэффициентом трения, во время прокатки переднего конца полосы впрыск смазочной

эмульсии отключают. Точно так же, чтобы избежать непопадания следующей полосы по причине присутствия смазочной эмульсии на валках, прекращают впрыск смазочной эмульсии во время прокатки хвостового конца предыдущей полосы. Следовательно, эти два участка, прокатываемые без смазки, необходимо удалять, так как они не имеют
 5 необходимую толщину, что влечет за собой потерю нескольких метров полосы (5-10 метров полосы на одну клеть) и, следовательно, существенное снижение производительности.

Чтобы обеспечивать эффективную смазку и, следовательно, регулировать коэффициент трения для предупреждения происшествий во время прокатки, таких как
 10 проскальзывание или непопадание полосы, были предложены разные решения.

В документе JP-A-2008264828 описан способ горячей прокатки, в котором на рабочие валки наносят слой покрытия специального состава, чтобы гарантировать определенное значение коэффициента трения.

В документе JP-A-2005146094 описан способ горячей прокатки, в котором
 15 проскальзывания полосы избегают, используя смазочное масло специального состава.

Однако эти решения не позволяют регулировать коэффициент трения непрерывно во время прокатки. Действительно, кроме всего прочего, коэффициент трения зависит от природы материала прокатываемой полосы, от состояния рабочих валков (шероховатость, износ, окалина и т.д.), от скорости прокатки и от ожидаемой степени
 20 обжата. Таким образом, эффективность смазки может отличаться между началом и концом всего цикла прокатки и даже от одного стана к другому и от одной клетки к другой в одном стане. Однако оба предложенных решения не позволяют учитывать изменения этих параметров во время способа.

В документе JP-A-1156410 описан способ, в котором прикладываемое усилие нажима
 25 прокатных валков измеряют при помощи датчика, затем количество впрыскиваемого смазочного масла регулируют таким образом, чтобы измеренное усилие нажима было равно целевому значению.

Это решение предназначено для регулирования коэффициента трения в ходе способа, но не учитывает совокупность параметров, от которых зависит коэффициент трения,
 30 что делает его малоэффективным. Кроме того, это решение связано с существенными рисками нестабильностей способа прокатки, таких как изменения скорости или натяжения, если для достижения необходимого усилия добавляют большое количество смазки.

Таким образом, задача изобретения состоит в разработке способа прокатки, в
 35 котором коэффициент трения регулируют эффективно и надежно в ходе производственного процесса, чтобы избегать происшествий при прокатке и получить оптимальный выход. Также задача изобретения состоит в разработке способа, позволяющего уменьшить нестабильности способа прокатки и обеспечивающего смазку по всей длине полосы.

В связи с этим первым объектом изобретения является способ регулирования по п.
 40 1 формулы изобретения.

Этот способ регулирования может также содержать признаки п.п. 2 - 5 формулы изобретения, взятые отдельно или в комбинации.

Объектом изобретения является также способ прокатки по п. 6 формулы изобретения.

Этот способ прокатки может также содержать признаки п.п. 9 7-10 формулы
 45 изобретения, взятые отдельно или в комбинации.

Объектом изобретения является также стан горячей прокатки по п. 11 формулы изобретения.

Другие отличительные признаки и преимущества изобретения будут более очевидны из нижеследующего описания.

Чтобы проиллюстрировать изобретение, были проведены испытания, которые описаны ниже в качестве неограничивающих примеров со ссылками на прилагаемые 5 фигуры.

На фиг. 1 показан прокатный стан с двумя клетями, оборудованными заявленным устройством регулирования согласно варианту осуществления изобретения;

на фиг. 2 представлены различные переменные, используемые в варианте осуществления заявленного способа регулирования;

10 на фиг. 3 представлена схема регулирования согласно первому варианту осуществления изобретения;

на фиг. 4 представлена схема регулирования согласно второму варианту осуществления изобретения;

на фиг. 5 показано начало впрыска масла и крутящий момент в зависимости от 15 времени в ходе испытания с применением заявленного способа регулирования;

на фиг. 6 показана толщина катаной полосы на выходе клетки в зависимости от времени в ходе испытания с применением заявленного способа регулирования.

На фиг. 1 показана металлическая полоса В во время прокатки в прокатном стане, содержащем две клетки 1, 2, в которых одновременно проходит полоса В, например, в 20 чистовом стане для горячей прокатки стальных полос. Как правило, прокатные станы этого типа содержат 5, 6 или 7 клеток. Классически каждая из клеток 1, 2 содержит два рабочих валка 1a, 1a' и 2a, 2a' и два опорных валка 1b, 1b' и 2b, 2b'. Каждый валок приводится в движение при помощи крутящих моментов С₁, С₂ (не показаны).

Расстояние между двумя рабочими валками, соответственно 1a-1a' и 2a-2a', называют 25 рабочим зазором S (не показан) и регулируют при помощи прижимного винта 7.

Смазку валков обеспечивают на уровне каждой из клеток при помощи устройства 3 впрыска, такого, например, как распылительные сопла, позволяющие распылять водно-масляную эмульсию.

Согласно варианту осуществления изобретения, на выходе первой клетки в 30 направлении движения полосы расположено устройство 4 измерения скорости, причем это устройство 4 позволяет измерять скорость v_{выход} полосы на выходе клетки. Например, это устройство может быть оптическим устройством измерения, таким как лазерный спидометр. Это измерение скорости позволяет вычислять в реальном времени скольжение в переднем направлении (FWS от Forward Slip ratio на английском языке) 35 при помощи следующей формулы:

$$FWS = \frac{|v_{\text{выход}} - v_{\text{клеть}}|}{v_{\text{клеть}}} \quad (\text{Формула 1})$$

в которой:

40 - v_{выход} является скоростью полосы на выходе клетки, например, измеряемой при помощи устройства 4,

- v_{клеть} является линейной скоростью рабочих валков, вычисляемой по следующей формуле:

$$45 \quad v_{\text{клеть}} = \omega R \quad (\text{Формула 2})$$

где R является радиусом рабочего валка, и ω является угловой скоростью рабочих валков, измеряемой, например, импульсным датчиком.

Скорости v_{выход} и v_{клеть} могут быть выражены в любых единицах скорости при

условии, что они обе должны быть выражены в одинаковых единицах. Точно так же, единица, в которой выражена угловая скорость ω , должна быть взаимосвязана с единицей $v_{\text{клеть}}$.

Согласно варианту осуществления изобретения, на уровне каждой клетки предусмотрено также устройство 5 измерения усилия, позволяющее измерять в реальном времени усилие F нажима рабочих валков. Эти хорошо известные специалистам устройства могут представлять собой, например, тензометры, установленные на стойках клетки или под прижимными винтами 7.

Измеренные показатели усилия F нажима и скорости полосы на выходе из клетки $v_{\text{выход}}$ направляются на блок обработки 6, который, таким образом, может, в зависимости от этих параметров и других предварительно зарегистрированных параметров, подать команду на перенастройку сопел 3 распыления смазывающей эмульсии или прижимных винтов 7.

Ниже со ссылками на фиг. 3 будет описан блок 6 обработки, позволяющий применять первый вариант осуществления заявленного способа регулирования.

Скорость $v_{\text{выход}}$ полосы на выходе клетки и угловую скорость ω рабочих валков измеряют в режиме он-лайн и их значения направляют в первое вычислительное устройство 8. Это первое вычислительное устройство 8 содержит по меньшей мере одно внутреннее запоминающее устройство, в котором записано значение радиуса R рабочих валков, что позволяет вычислять линейную скорость $v_{\text{клеть}}$ рабочих валков и затем значение показателя скольжения в переднем направлении FWS по формуле 1.

Затем вычисленное значение FWS передают во второе вычислительное устройство 9, которое получает также в качестве входной данной значение усилия F нажима, измеряемое в реальном времени датчиком 5. Это второе вычислительное устройство содержит по меньшей мере одно внутреннее запоминающее устройство, в котором записаны параметры P_1 . Эти параметры P_1 зависят от модели, выбранной для вычисления коэффициента трения $\mu_{\text{реал}}$.

Можно адаптировать различные упрощенные модели для вычисления коэффициента трения $\mu_{\text{реал}}$ на основании значений показателя скольжения в переднем направлении FWS и усилия F нажима. Эти модели известны в целом, но не в частном варианте применения, описанном в рамках изобретения.

Далее в качестве примера следует описание использования в рамках изобретения модели Орована, хотя можно использовать и другие известные специалисту модели, такие как модель Симса или модель Блэнда и Форда. Общая теория каждой из этих трех моделей описана, например, в "The calculation of roll pressure in hot and cold flat rolling", E. Orowan, Proceedings of the Institute of Mechanical Engineers, June 1943, vol. 150, n°1 140-167 для модели Орована, в "The calculation of roll force and torque in hot rolling mills", R.B. Sims, Proceedings of the Institute of Mechanical Engineers, June 1954, vol. 168, n°1 191-200 для модели Симса и в "The Calculation of Roll Force and Torque in Cold Strip Rolling with Tensions", D.R. Bland and H. Ford, Proceedings of the Institute of Mechanical Engineers, June 1948, vol. 149, p. 144 для модели Блэнда и Форда.

Для вычисления в реальном времени коэффициента трения $\mu_{\text{реал}}$ с использованием модели Орована параметрами P_1 являются значения входной толщины $e_{\text{вход}}$ и выходной толщины $e_{\text{выход}}$ полосы, причем эти параметры в настоящем примере являются фиксированными в начале прокатки, но их можно также оценивать или измерять в реальном времени. Эти параметры показаны на фиг. 2.

Таким образом, на основании этих данных второе вычислительное устройство 9 вычисляет коэффициент трения $\mu_{\text{реал}}$, то есть данную, передаваемую в процессор 10. Время вычисления $\mu_{\text{реал}}$ меньше или равно 100 мс и предпочтительно меньше или равно 50 мс.

Входными данными процессора 10 являются $\mu_{\text{реал}}$, целевое значение $\mu_{\text{цел}}$ коэффициента трения, определяемое при помощи таблиц или путем моделирования в зависимости от марки стали прокатываемой полосы, от числа километров полос, прокатываемых на рассматриваемой установке, от износа валков, от типа используемого масла и т.д., а также параметр α_0 . Этот параметр является исходным значением параметра α , который будет использован для регулирования коэффициента трения $\mu_{\text{реал}}$.

Например, этим параметром может быть расход впрыска $Q_{\text{масло}}$ смазочного масла. Исходное значение можно определить, например, при помощи таблиц или путем моделирования.

Затем значение коэффициента трения $\mu_{\text{реал}}$ сравнивают с целевым значением $\mu_{\text{цел}}$ коэффициента трения. Если абсолютное значение разности между этими двумя значениями $|\mu_{\text{цел}} - \mu_{\text{реал}}|$ превышает заранее определенное значение Δ , вычисляют новое значение параметра α_n , которое затем применяют, чтобы привести вычисленное значение коэффициента трения $\mu_{\text{реал}}$ к значению, более близкому к целевому значению $\mu_{\text{цел}}$ для предупреждения непопадания или проскальзывания полосы, если $\mu_{\text{реал}} < \mu_{\text{цел}} + \Delta$, или преждевременного износа рабочих валков и поверхностных дефектов в противном случае. Например, можно увеличивать или уменьшать впрыск $Q_{\text{масло}}$ смазочного масла.

Предпочтительно расход воды в эмульсии сохраняют постоянным для охлаждения валка и нормальной работы, чтобы убедиться, что впрыскиваемая эмульсия покрывает большую часть цилиндра.

Время между измерением выходной скорости $v_{\text{выход}}$ полосы и получением заданного значения α_n меньше или равно 500 мс и предпочтительно меньше или равно 150 мс.

Эту последовательность измерений, вычислений и регулировок можно повторять до конца прокатки рассматриваемой полосы и до завершения цикла прокатки.

На фиг. 4 представлена схема регулирования согласно второму варианту осуществления изобретения.

Отличие от описанного и представленного на фиг. 3 первого варианта осуществления состоит в том, что значения FWS и $\mu_{\text{реал}}$, вычисляемые соответственно вычислительными устройствами 8 и 9, поступают во второй процессор 11. Таким образом, входными данными этого второго процессора являются FWS, $\mu_{\text{реал}}$, а также совокупность параметров P_2 . Эти параметры P_2 зависят от модели, выбранной для вычисления коэффициента трения $\mu_{\text{реал}}$.

Если, как в предыдущем варианте осуществления, используют модель Орована, параметрами P_2 являются значения входной $e_{\text{вход}}$ и выходной $e_{\text{выход}}$ толщины полосы, радиус R валков, причем эти параметры в настоящем примере фиксируют в начале прокатки, но их можно также оценивать или измерять в реальном времени. P_2 включает в себя также модуль прогиба M рассматриваемой клетки прокатного стана. Этот модуль, обычно выражаемый в об/мм, характеризует упругую деформацию клетки, связанную с усилием прокатки.

На основании этих данных процессор вычисляет, например, значение усилия F' прокатки, которое необходимо приложить для получения толщины $e_{\text{выход}}$.

Действительно, новое значение параметра α может повлечь за собой изменения на других параметрах и создать таким образом проблемы, например, недостаточной

толщины на выходе клетки. Действительно, если изменить расход $Q_{\text{масло}}$ впрыскиваемого масла, то соответственно меняется коэффициент трения $\mu_{\text{реал}}$ и, следовательно, усилие F , которым действует валок на полосу. Это выражается в изменении толщины $e_{\text{выход}}$ полосы на выходе клетки, как показано на фиг. 5. Следовательно, это может привести к некорректным значениям толщины на выходе клетки. Если возникает эта проблема, можно использовать ту же модель, что и для вычисления $\mu_{\text{реал}}$, но в обратном порядке. В настоящем случае применения модели Орована используют входные параметры толщины $e_{\text{вход}}$, $e_{\text{выход}}$, натяжения $\sigma_{\text{вход}}$, $\sigma_{\text{выход}}$, диаметра D , целевого коэффициента трения $\mu_{\text{цел}}$ и вычисленного показателя скольжения FWS и, таким образом, получают усилие F' для приложения к полосе и необходимое изменение рабочего зазора S по нижеследующей формуле 3 и соответственно корректируют положения прижимных винтов 7, которые определяют рабочий зазор.

$$\Delta S \equiv \frac{F' - F}{M} \quad (\text{Формула 3})$$

в которой:

- F' является значением усилия прокатки, вычисленным процессором 11,

- F является значением усилия прокатки, измеренным датчиком 5,

- M является модулем прогиба рассматриваемой клетки.

Единицы этих трех величин должны быть взаимосвязанными, и они могут быть, например, выражены в ньютонах для усилий F и F' и в Н/мм для модуля прогиба M .

Этот же принцип вычисления при помощи обратной модели можно использовать для контроля других параметров способа прокатки, таких как входное и выходное натяжение $\sigma_{\text{вход}}$, $\sigma_{\text{выход}}$ клетки, чтобы избегать нарушений скорости полосы на выходе прокатки.

Блоки обработки, описанные выше со ссылками на фиг. 3 и 5, содержат различные элементы, такие как вычислительные устройства или процессоры, однако можно предусмотреть один и тот же процессор, позволяющий осуществлять различные операции вычисления и получать заданные значения, или любую другую конфигурацию, обеспечивающую этапы вычисления и получения заданных значений.

Испытание

Способ горячей прокатки в соответствии с изобретением был осуществлен на стальной полосе DWI (Drawn and Wall Ironed), где в качестве масла, использовали стандартное масло, выпускаемое в продажу.

Результаты представлены на фиг. 5 и 6.

Как показано на фиг. 5, расход впрыска $Q_{\text{масло}}$ является нулевым во время прокатки переднего конца полосы. В данном случае это сделано преднамеренно, поскольку это испытание в основном касается смазки хвостового конца полосы.

С другой стороны, отмечается, что расход впрыска масла $Q_{\text{масло}}$ регулировался до завершения прокатки полосы, то есть прокатку хвостового конца полосы осуществляли тоже в присутствии смазки, чего не было в известном решении.

На фиг. 6 показана толщина полосы $e_{\text{выход}}$ на выходе клетки в зависимости от времени прокатки. Наблюдается резкое уменьшение этой толщины $e_{\text{выход}}$ после 10 секунд, и это снижение соответствует тому, что было пояснено выше. Изменение расхода $Q_{\text{масло}}$ впрыскиваемого масла приводит к изменению прикладываемого усилия F и в настоящем случае к значительному уменьшению толщины $e_{\text{выход}}$ на выходе клетки. Благодаря регулированию, показанному на фиг. 4, вычисляют новое усилие F' нажима и соответственно изменяют рабочий зазор S , чтобы получить выходную толщину $e_{\text{выход}}$ в соответствии с требованиями заказчика. На этой фиг. 6 показано увеличение и поддержание этой толщины $e_{\text{выход}}$.

Во время этого испытания не отмечалось ни проскальзывания, ни непопадания следующей полосы, то есть коэффициент трения был отрегулирован надежно и эффективно. Кроме того, хвостовой конец полосы был прокатан в присутствии смазки без последствий на прокатку следующей полосы.

(57) Формула изобретения

1. Способ регулирования процесса горячей прокатки полуобработанного металлического продукта, включающий

регулирование по меньшей мере в одной клетке прокатного стана, содержащей по меньшей мере два рабочих валка, по меньшей мере одного параметра (α), выбранного из расхода смазочной эмульсии через распылитель сопла, величины натяжения продукта и усилия нажима валков,

измерение скорости ($v_{\text{выход}}$) полуобработанного продукта на выходе из клетки,

определение показателя проскальзывания FWS продукта в направлении его движения по следующему уравнению:

$$FWS = \frac{|v_{\text{выход}} - v_{\text{клеть}}|}{v_{\text{клеть}}},$$

где $v_{\text{клеть}}$ – линейная скорость рабочих валков клетки,

измерение усилия F нажима указанных рабочих валков в клетке,

вычисление в реальном времени коэффициента трения ($\mu_{\text{реал}}$) между

полуобработанным металлическим продуктом и рабочими валками на основании измеренного значения усилия F нажима рабочих валков и определенного показателя проскальзывания FWS продукта в направлении его движения,

сравнение вычисленного коэффициента трения ($\mu_{\text{реал}}$) с заданным значением коэффициента трения ($\mu_{\text{цел}}$), при этом

если $|\mu_{\text{цел}} - \mu_{\text{реал}}|$ превышает заранее заданное значение (Δ), то регулируют упомянутый

по меньшей мере один из параметров (α) таким образом, чтобы $|\mu_{\text{цел}} - \mu_{\text{реал}}| \leq \Delta$.

2. Способ по п. 1, в котором время между измерением скорости ($v_{\text{выход}}$) продукта на выходе клетки и вычислением коэффициента трения $\mu_{\text{реал}}$ меньше или равно 100 мс.

3. Способ по п. 2, в котором время между измерением упомянутой скорости ($v_{\text{выход}}$) и вычислением коэффициента трения $\mu_{\text{реал}}$ меньше или равно 50 мс.

4. Способ по одному из пп. 1–3, в котором время между измерением упомянутой скорости ($v_{\text{выход}}$) и регулированием указанного по меньшей мере одного из параметров (α) меньше или равно 500 мс.

5. Способ горячей прокатки полуобработанного металлического продукта, включающий прокатку упомянутого продукта по меньшей мере в одной клети прокатного стана посредством по меньшей мере двух рабочих валков, впрыскивание через распылительные сопла на уровне рабочего зазора рабочих валков смазочной эмульсии, состоящей из масла и воды, и регулирование процесса горячей прокатки способом по любому из пп. 1–4.

6. Способ по п. 5, в котором прокатываемым полуобработанным металлическим продуктом является алюминиевая полоса.

7. Способ по п. 5, в котором прокатываемым полуобработанным металлическим продуктом является стальная полоса.

8. Способ по п. 7, в котором прокатываемая стальная полоса является полосой из высокопрочной или сверхпрочной стали.

9. Способ по п. 7, в котором в конце прокатки стальная полоса имеет толщину, меньшую или равную 3 мм.

10. Стан горячей прокатки полуобработанного металлического продукта способом по любому из пп. 5–9, содержащий по меньшей мере одну клеть для прокатки полуобработанного металлического продукта с по меньшей мере двумя рабочими валками, связанными с прижимным винтом и с устройством для измерения усилия, распылительными соплами для подачи смазочной эмульсии, установленными на уровне рабочего зазора рабочих валков, лазерным спидометром, расположенным на выходе из клети с возможностью измерения скорости движения продукта, и блоком обработки сигналов, связанным с упомянутыми устройством для измерения усилия, лазерным спидометром, распылительными соплами и прижимным винтом.

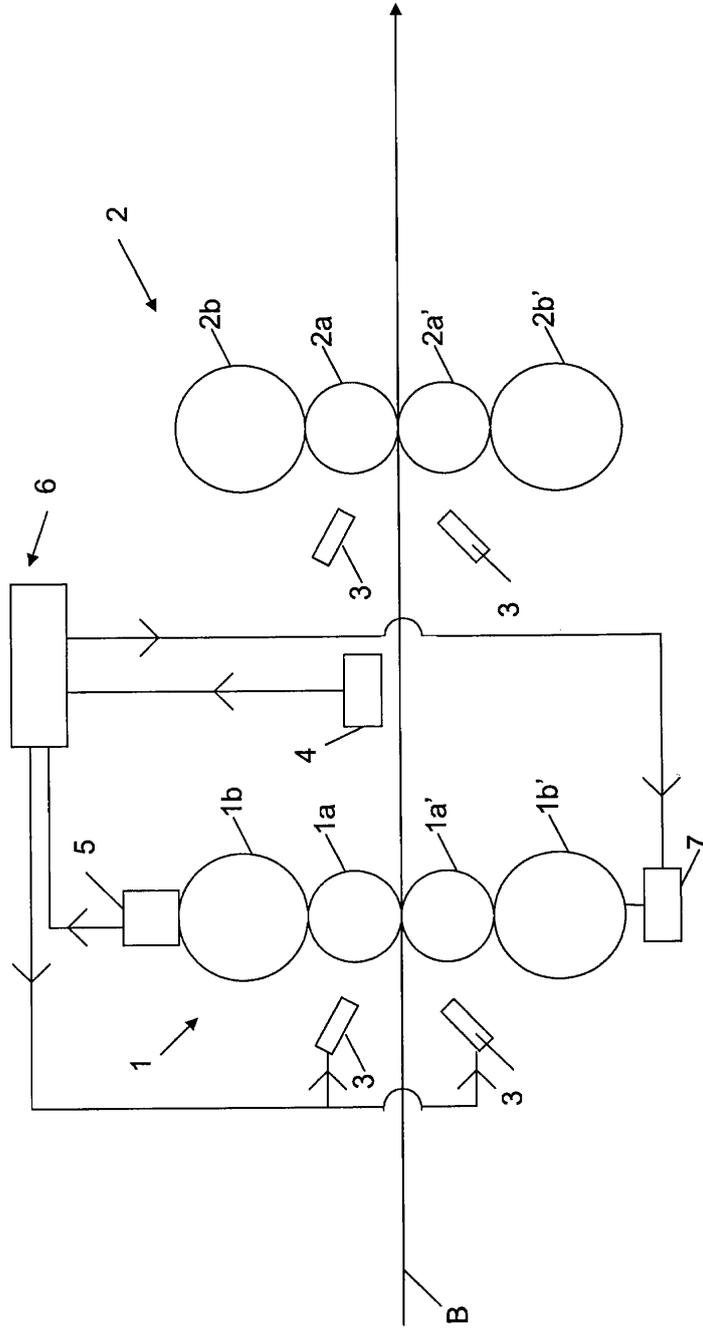
25

30

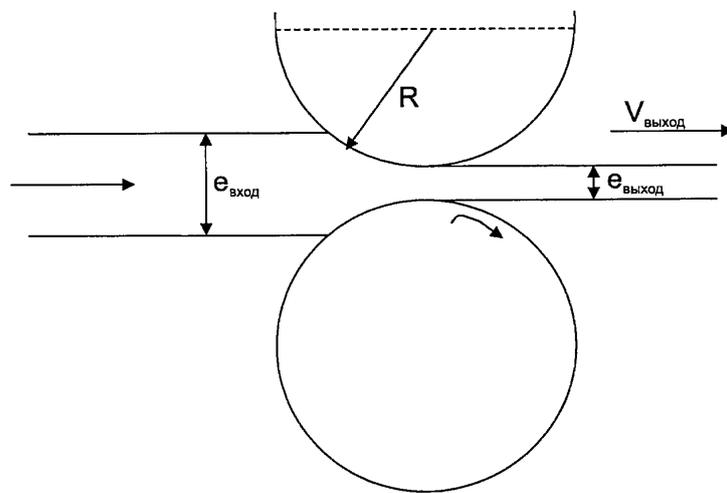
35

40

45

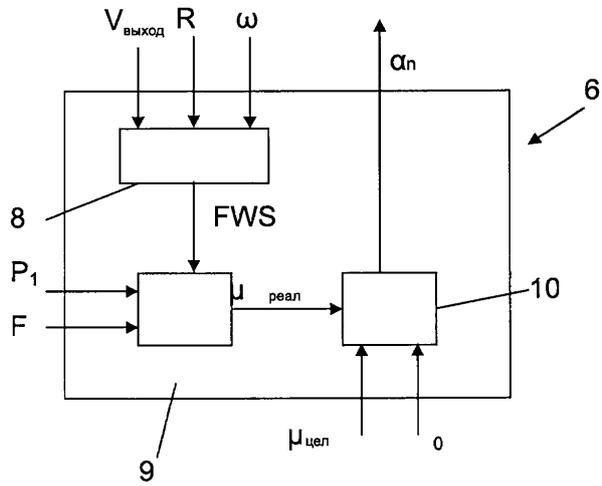


ФИГ. 1

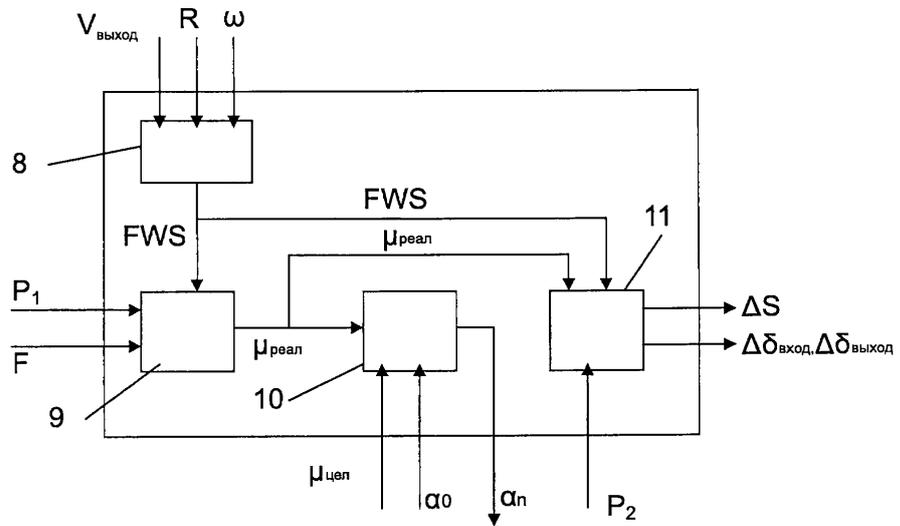


Фиг. 2

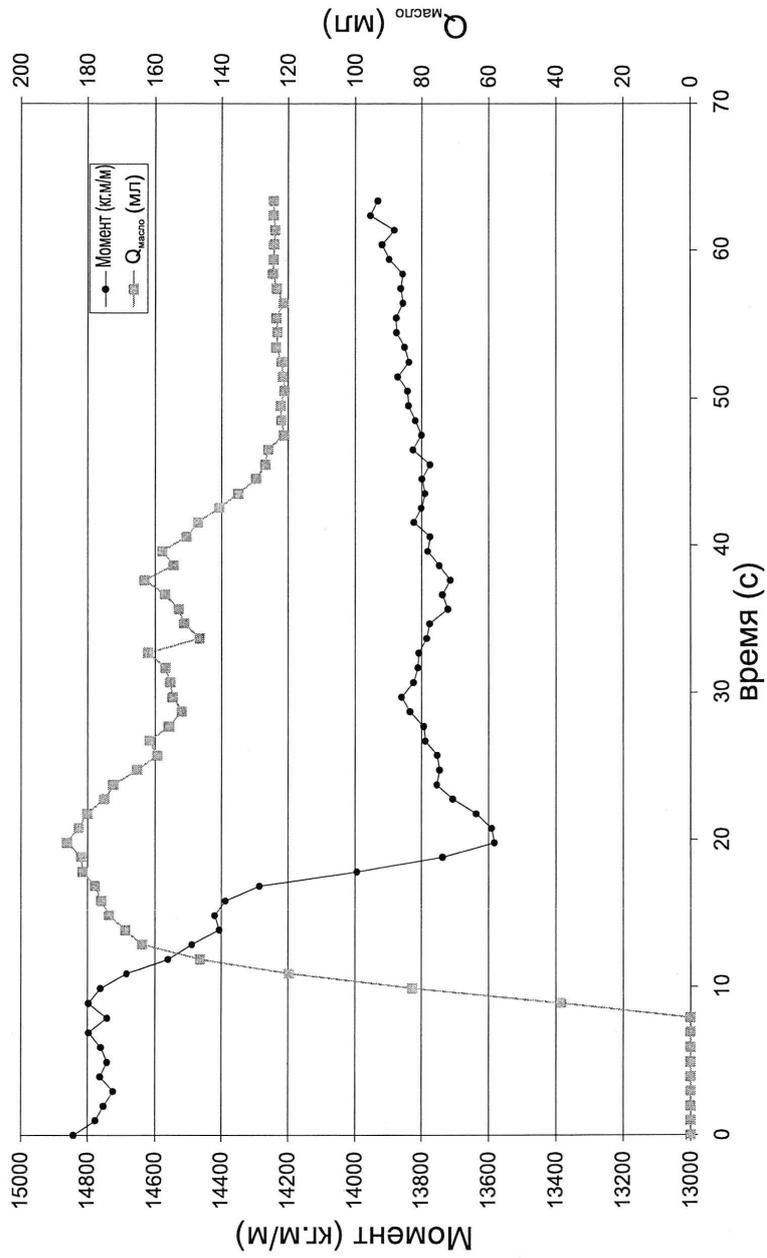
3/5



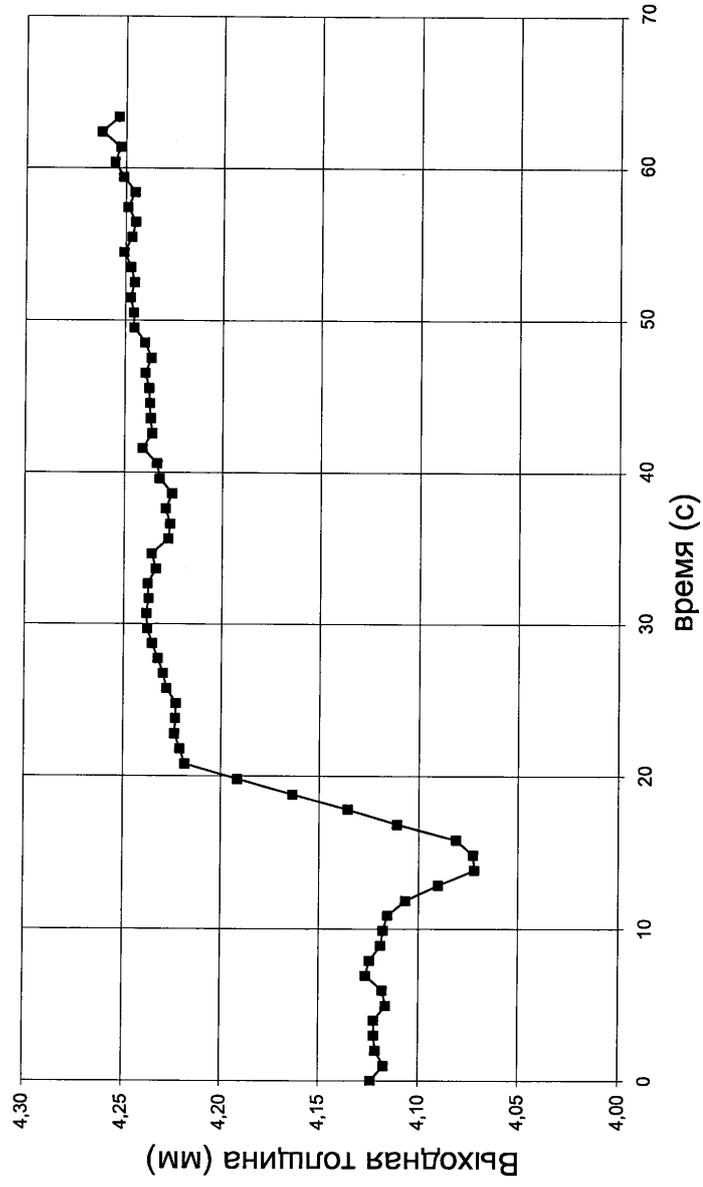
Фиг. 3



Фиг. 4



ФИГ. 5



ФИГ. 6