



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B21B 38/00 (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2021103415, 22.03.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.03.2021

Дата регистрации:
29.12.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.03.2021

(45) Опубликовано: 29.12.2021 Бюл. № 1

Адрес для переписки:

162608, Вологодская обл, г. Череповец, ул. Мира
30, Дирекция по техническому развитию и
качеству, Шаталов Сергей Викторович

(72) Автор(ы):

Антонов Павел Валерьевич (RU),
Аралов Антон Игоревич (RU),
Самойлов Антон Владимирович (RU),
Анфиногенов Геннадий Евгеньевич (RU),
Жиленко Сергей Владимирович (RU),
Кожевников Александр Вячеславович (RU),
Смирнов Анатолий Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Публичное акционерное общество
«Северсталь» (ПАО «Северсталь») (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2734360 C2, 15.10.2020. RU
2338609 C1, 20.11.2008. RU 2239501 C2,
10.11.2004. UA 79682 C2, 10.07.2007. CN
108568455 A, 25.09.2018. KR 20110070537 A,
24.06.2011.

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ КРИТИЧЕСКОЙ ВИБРАЦИИ В РАБОЧЕЙ КЛЕТИ ПРОКАТНОГО СТАНА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области прокатного производства и может найти применение для определения возникновения начальной стадии критических вибраций в рабочей клетке прокатного стана. Способ включает непрерывные измерения в процессе прокатки фактических значений величины тока двигателя главного привода прокатного стана, на основании которых рассчитывают фактическое значение дисперсии D_{fact} упомянутого тока двигателя, которое сравнивают с предварительно полученным эталонным значением дисперсии D_{Vconst} тока

двигателя при постоянной скорости прокати в условиях отсутствия вибрации с определением коэффициента пропорциональности $k = \frac{D_{fact}}{D_{Vconst}}$, при этом при значении коэффициента пропорциональности $k \geq 6$ фиксируют возникновение начальной стадии критической вибрации. Использование изобретения позволяет повысить надежность работы прокатного стана и качество поверхности проката. 3 ил., 1 табл.

RU 2 763 501 C1

RU 2 763 501 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B21B 38/00 (2021.08)

(21)(22) Application: **2021103415, 22.03.2021**

(24) Effective date for property rights:
22.03.2021

Registration date:
29.12.2021

Priority:

(22) Date of filing: **22.03.2021**

(45) Date of publication: **29.12.2021** Bull. № 1

Mail address:

**162608, Vologodskaya obl, g. Cherepovets, ul. Mira
30, Direktsiya po tekhnicheskomu razvitiyu i
kachestvu, Shatalov Sergej Viktorovich**

(72) Inventor(s):

**Antonov Pavel Valerevich (RU),
Aralov Anton Igorevich (RU),
Samoilov Anton Vladimirovich (RU),
Anfinogenov Gennadii Evgenevich (RU),
Zhilenko Sergei Vladimirovich (RU),
Kozhevnikov Aleksandr Viacheslavovich (RU),
Smirnov Anatolii Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Publichnoe aktsionernoe obshchestvo
«Severstal» (PAO «Severstal») (RU)**

(54) **METHOD FOR DETERMINING OCCURRENCE OF INITIAL STAGE OF CRITICAL VIBRATION IN WORKING STAND OF ROLLING MILL**

(57) Abstract:

FIELD: mill products.

SUBSTANCE: invention relates to the field of mill products and can be used to determine the occurrence of the initial stage of critical vibrations in the working stand of a rolling mill. The method includes continuous measurements during rolling of the actual values of the motor current of the main drive of the rolling mill, on the basis of which the actual value of the D_{fact} dispersion of the mentioned motor current is calculated, which is compared with the previously obtained reference value of the D_{Vconst} dispersion of the motor current at a

constant rolling speed in the absence of vibration with the determination of the proportionality coefficient

$$k = \frac{D_{fact}}{D_{Vconst}},$$

while at the value of the proportionality

coefficient $k \geq 6$, the occurrence of the initial stage of critical vibration is recorded.

EFFECT: use of the invention makes it possible to increase reliability of the rolling mill and quality of the rolled metal surface.

1 cl, 3 dwg, 1 tbl

Изобретение относится к технологии прокатного производства и может найти применение для определения возникновения начальной стадии критических вибраций в рабочих клетях многоклетевых непрерывных и бесконечных станов холодной прокатки. Реализация возможна в виде его алгоритмического обеспечения

5 автоматизированных систем управления.

Известен способ определения критических вибраций на станах прокатки полосы, в котором распознавание момента возникновения критических вибраций осуществляют путем диагностирования колебаний натяжения полосы в стане (Патент РФ №2239501, МПК В21В 37/00, опубл. 10.11.2004).

10 Недостатком указанного способа является использование в качестве диагностируемого параметра натяжение полосы с применением датчиков натяжения на стане. Датчики натяжения имеют механическое исполнение и обладают существенной постоянной времени и инерционностью. В расчетах будет присутствовать существенная погрешность, а также расчет будет производиться несвоевременно из-за задержки в

15 линии обратной связи.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому изобретению является способ определения возникновения начальной стадии критической вибрации в рабочей

клетки прокатного стана, включающий непрерывные измерения в процессе прокатки фактических значений параметра технологического оборудования прокатного стана,

20 на основании которых с использованием методов статистической обработки измеренных значений осуществляют сравнение параметра обработанных измеренных значений с заданным значением, при этом на основании результатов сравнения определяют возникновение начальной стадии критической вибрации согласно которому в качестве упомянутого параметра технологического оборудования используют величину тока

25 двигателя главного привода прокатного стана, при этом рассчитывают медианное значение нормализованной выборки измеренных фактических значений тока двигателя, которое сравнивают с предварительно определенным заданным медианным значением нормализованной выборки тока двигателя главного привода в условиях отсутствия

вибрации при прокатке с определением величины рассогласования, или рассчитывают медианное значение нормализованной выборки производной измеренных фактических

30 значений тока двигателя, которое сравнивают с предварительно определенным заданным медианным значением нормализованной выборки производной тока двигателя главного привода в условиях отсутствия вибрации при прокатке с определением

величины рассогласования, причем на основании распознавания непрерывного возрастания упомянутой величины рассогласования фиксируют возникновение

35 начальной стадии критической вибрации (Патент РФ №2734360, МПК В21В 38/00, опубл. 15.10.2020).

Недостатком известного способа является сложность его реализации, т.к. с учетом используемых типов контроллеров в системах АСУ ТП, требует объемных быстрых

40 вычислений и разложения токового сигнала в кривую нормального распределения в каждый момент времени, влияющего на возможное возникновение инерционности при прогнозе.

Задача настоящего изобретения - определение возникновения начальной стадии критических вибраций в рабочих клетях прокатных станов, в тот момент, когда значения отклонений пока малы и не приносят негативных последствий, минимизируя при этом

45 возможные погрешности из-за инерционности измерительных и вычислительных систем при работе с большими данными.

Техническим результатом изобретения является снижение внеплановых простоев

станов по причине возникновения негативных вибраций, а также повышение качества поверхности проката, которое страдает от воздействия вибраций в рабочих клетях, вызывая поперечные чередующиеся светлые и темные полосы.

Техническим результатом изобретения является повышение производительности прокатных станов, проектные скорости которых ограничиваются опасными критическими фазами вибраций, а также повышение качества проката.

Указанный технический результат достигается тем, что в способе выявления критических вибраций на станах холодной прокатки, включающем непрерывные измерения в процессе прокатки фактических значений величины тока двигателя главного привода прокатного стана, на основании которых с использованием методов статистической обработки измеренных значений осуществляют сравнение измеренных значений с эталонным значением, при этом на основании результатов сравнения определяют возникновение опасной критической фазы вибраций, согласно изобретению рассчитывают фактическое значение дисперсии тока, полученное при текущей прокатке, которое сравнивают с предварительно полученным эталонным значением дисперсии тока при постоянной скорости проката в условиях отсутствия вибрации путем

определения коэффициента пропорциональности $k = \frac{D_{fact}}{D_{Vconst}}$, где D_{fact} - фактическое значение дисперсии тока, полученное при текущей прокатке; D_{Vconst} - эталонное значение дисперсии тока при постоянной скорости прокатки, предварительно полученное при прокатке без вибрации, причем при значении коэффициента пропорциональности $k \geq 6$ фиксируют возникновение начальной стадии критической вибрации.

Сущность изобретения заключается в непрерывном формировании выборки значения тока главного привода в рабочих клетях, склонных к возникновению вибрации, определения в реальном режиме времени значения дисперсии указанной выборки по формуле:

$$D = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^n (I_i - m_I)^2 \quad (1)$$

где N - объем выборки (количество измеренных значений);

I_i - значение тока двигателя, измеряемого дискретно во время его работы;

m_I - математическое ожидание величины тока.

Математическое ожидание величины тока определяется как среднее арифметическое полученной в результате измерений выборки значений тока главного привода рабочей клетки прокатного стана I_i , определяемое по формуле

$$m_I = \sum_{i=1}^N \frac{I_i}{N} \quad (2)$$

где I_i - значение тока двигателя, измеряемое дискретно во время его работы;

N - объем выборки значений тока двигателя.

Далее происходит сравнение фактического значения дисперсии со значением дисперсии при постоянной скорости прокатки без вибраций путем расчета коэффициента пропорциональности k :

$$k = \frac{D_{fact}}{D_{Vconst}} \quad (3)$$

D_{fact} - фактическое значение дисперсии тока, полученное при текущей прокатке;

D_{Vconst} - эталонное значение дисперсии тока при постоянной скорости прокатки, предварительно полученное при прокатке без вибрации

Ниже представлены результаты промышленных экспериментов. Для наглядности результатов на фиг. 1 представлен анализ сигналов дисперсий тока в клети №2 непрерывного 5-ти клетового стана холодной прокатки «1700» и для сравнения позиции гидронажимных устройств (ГНУ), пропорциональных величине межвалкового зазора для клети №2 при прокатке сортамента 2,3/0,59-1255 мм. Аналогичные результаты представлены на фиг. 2 для клети №3 и на фиг. 3 для клети №4.

Обозначения на фигурах 1-3: участки 1, 4 - динамический режим торможение; участок 2, 5 - динамический переходный режим/разгон стана; участок 3 - момент вибраций на стане (также выделены участки с постоянной скоростью прокатки, на которых дисперсии тока и ГНУ имеют минимальную величину).

Из указанных диаграмм видно, что при вибрациях (участок 3) дисперсия тока имеет максимальный пик, увеличивающийся по своему значению от клети №2 к клети №4.

Также можно сделать вывод об адекватности использования анализа дисперсии тока двигателя рабочих клетей прокатного стана при выявлении критических вибраций по сравнению с дисперсией позиции гидронажимных устройств (ГНУ).

В таблице 1 представлены данные коэффициента пропорциональности дисперсии тока двигателя по клетям при различных режимах работы стана. Режимы работы стана под номерами 1-5 обозначены в таблице 1 и на фиг. 1-3.

Таблица 1

Значение коэффициента пропорциональности дисперсии тока двигателя по клетям

№ клети	Значение коэффициента пропорциональности дисперсии тока двигателя при различных режимах работы стана				
	Переходный режим торможения	Переходный режим разгона	Вибрации	Переходный режим разгона	Переходный режим торможения
	1	2	3	4	5
2	4,83	2	6,33	4,33	2,66
3	5,3	3	6,1	5,1	3
4	7,5	5,83	12	6	5,83

В качестве обобщающих рекомендаций для промышленной реализации, после анализа более чем 1000 технологических режимов, в таблице 2 определены значения коэффициентов пропорциональности k по клетям 2-4 при различных режимах работы стана.

Соответственно анализируя в реальном режиме времени изменение этого коэффициента можно без особого труда выявить критический уровень вибраций и экспертно определить «виброопасный» режим работы.

Диапазоны коэффициента пропорциональности дисперсии тока двигателя по клетям при различных режимах работы стана

Номер клетки	Значение коэффициента пропорциональности дисперсии тока привода клетки (в диапазоне)		
	Постоянная скорость прокатки	Переходный режим (разгоны, торможения)	Режим вибраций
Клеть 2	1-2,5	2-6	≥ 6
Клеть 3	1-2,5	2-6	≥ 6
Клеть 4	1-3,5	3,5-7,5	7-12 и более

Таким образом, указанный выше технический результат изобретения может быть достигнут.

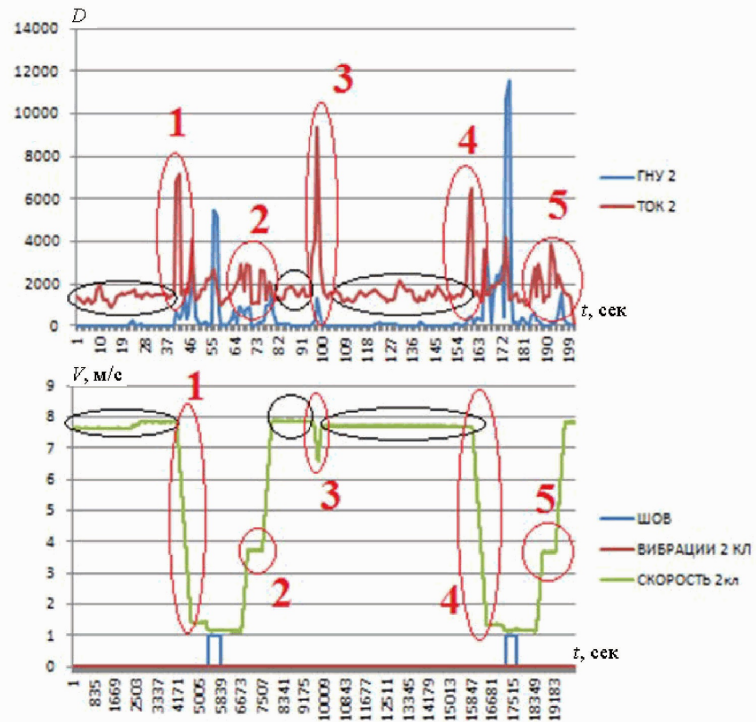
(57) Формула изобретения

Способ определения возникновения начальной стадии критической вибрации в рабочей клетке прокатного стана холодной прокатки, включающий непрерывные измерения в процессе прокатки фактических значений величины тока двигателя главного привода прокатного стана, на основании которых с использованием методов статистической обработки измеренных значений осуществляют сравнение измеренных значений с эталонным значением, при этом на основании результатов сравнения определяют возникновение начальной стадии критической вибрации, отличающийся тем, что рассчитывают фактическое значение дисперсии D_{fact} упомянутого тока двигателя, полученное при текущей прокатке, которое сравнивают с предварительно полученным эталонным значением дисперсии D_{Vconst} тока двигателя при постоянной скорости проката в условиях отсутствия вибрации с определением коэффициента

пропорциональности $k = \frac{D_{fact}}{D_{Vconst}}$, при этом при значении коэффициента

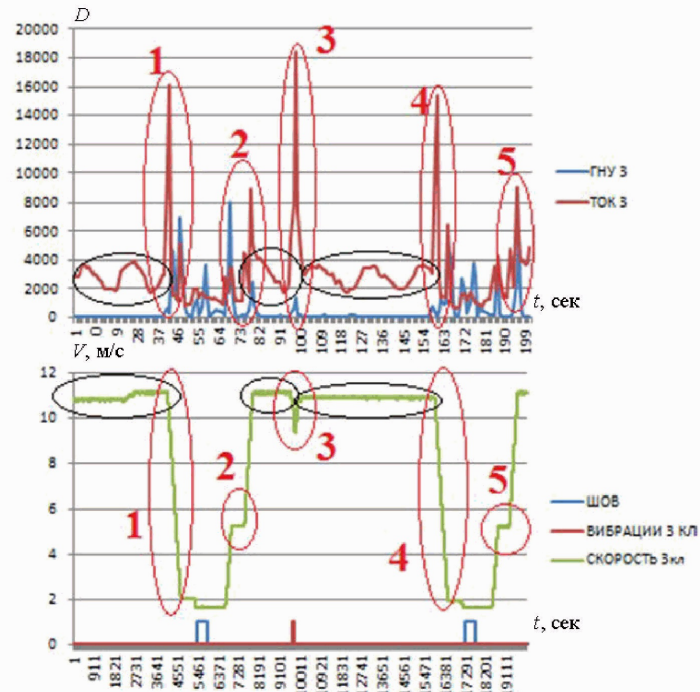
пропорциональности $k \geq 6$ фиксируют возникновение начальной стадии критической вибрации.

1

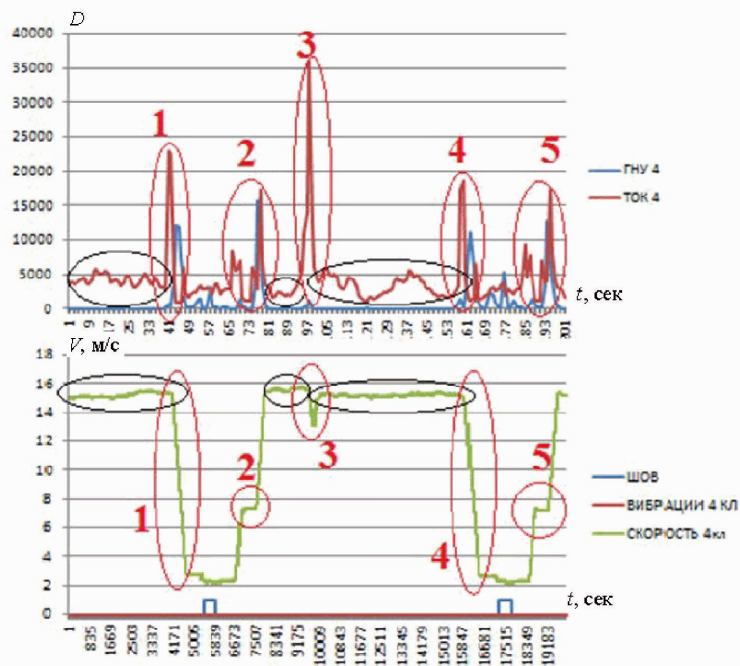


Фиг. 1

2



Фиг. 2



Фиг. 3