



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **130710** (13) **C2**
(51) МПК (2026.01)**B21B 28/00****B21B 38/00****G01M 13/028** (2019.01)**G01M 7/02** (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**(21)** Номер заявки: **а 2023 06270****(22)** Дата подання заявки: **22.12.2023****(24)** Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: **23.04.2026****(41)** Публікація відомостей
про заявку: **09.10.2024, Бюл.№ 41****(46)** Публікація відомостей
про державну
реєстрацію: **22.04.2026, Бюл.№ 16****(72)** Винахідник(и):**Вереньов Валентин Володимирович**
(UA),**Коренной Володимир Віталійович (UA),****Приходько Ігор Юрійович (UA),****Воробей Сергій Олександрович (UA)****(73)** Володілець (володільці):**ІНСТИТУТ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ ІМ. З.І.**
НЕКРАСОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ
НАУК УКРАЇНИ,площа Академіка Стародубова, 1, м. Дніпро,
49107 (UA)**(56)** Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

UA 70137 A, 15.09.2004

UA 87827 C2, 25.08.2009

UA 124756 C2, 10.11.2021

UA a202202944, 11.01.2023

UA 86640 C2, 12.05.2009

Визначення технічного стану обладнання
лінії приводу прокатних валків по швидкості
розповсюдження ударного імпульсу: тези
доповідей Міжнар. наук.-техн. конф.
«Інформаційні технології в металургії та
машинобудуванні», м. Дніпро, 16–18 бер.2021 р., опубліковано 20.03.2021. – Дніпро:
НМетАУ, 2021. – С. 21–24

CN 115283454 A, 04.11.2022

JP 2013081994 A, 09.05.2013

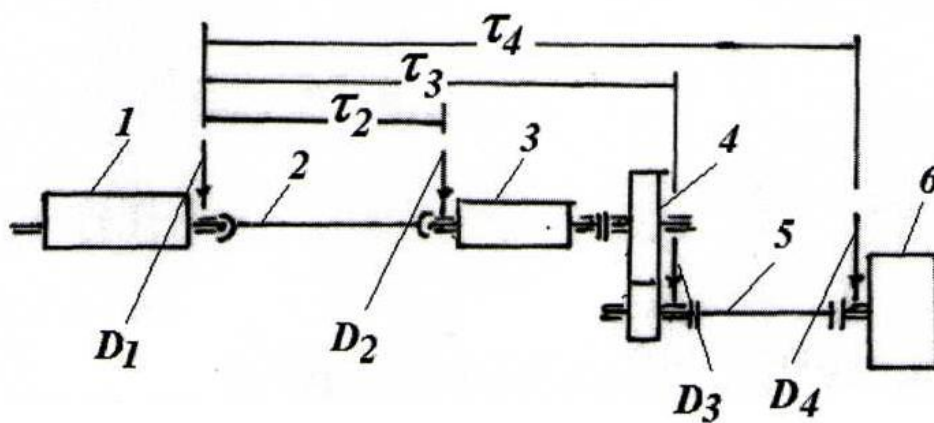
EP 4257257 A1, 11.10.2023

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ УСТАТКУВАННЯ ГОЛОВНОЇ ЛІНІЇ ПРИВОДУ ПРОКАТНОЇ КЛІТИ**(57)** Реферат:

Винахід належить до прокатного виробництва, саме до способів діагностування устаткування прокатних станів. Спосіб включає серію вимірів вібраційного параметра, пов'язаного з технічним станом лінії приводу, щонайменше у двох точках ділянок лінії приводу, та визначення часу запізнення віброреакції ділянок на ударне навантаження, що діє на валки і прокатну кліть під час захоплення заготовки валками, коли швидкість підходу заготовки до валків перед її захопленням збігається з коловою швидкістю робочих валків. Також виконують додаткову серію вимірів після короткочасної зупинки заготовки перед валками на відстані 0,5-1 товщини заготовки та наступної подачі її у валки. В кожній серії вимірів визначають середнє значення часу запізнення реакції ділянок, потім визначають різницю між середніми значеннями часу

UA 130710 C2

запізнення ділянок в першій та другій серіях вимірів і за їх різницею визначають технічний стан обладнання ділянок лінії приводу. Винахід дозволяє визначити рівень зносу елементів ділянок лінії приводу та кутових зазорів, що забезпечить технічне обслуговування устаткування з урахуванням його фактичного стану.



Фиг. 1

Винахід належить до прокатного виробництва, саме стосується способів діагностування устаткування прокатних станів, і може бути використаний на прокатних станах для технічного обслуговування прокатних клітей.

Відомий спосіб визначення технічного стану механізму, зокрема, лінії головного привода, відповідно до якого здійснюють періодичний вимір, принаймні, у двох точках лінії привода значущих вібропараметрів, зв'язаних із технічним станом лінії привода. Установлюють тенденцію їхньої зміни під час наробітку і визначають технічний стан лінії привода і прогноз його зміни (Генкін М. Д., Соколова А. Г. Віброакустична діагностика машин і механізмів. М: Машинобудування. 1987. - 288 с., с. 21).

Відомий спосіб реагує на такі параметри технічного стану, як поломка зубів, нерівномірність їхнього зносу, ушкодження підшипників (зовнішні, внутрішні кільця, чи сепаратор тіла кочення), не співвісність валів. Однак він несприятливий до зносу елементів, які шляхом контактування одним з одним передають крутильний момент від двигуна до валкової системи кліті. Знос таких контактуючих елементів, як хвостовик валка, валкова муфта, лопата, бронзові вкладиші, призводить до розвитку кутових зазорів. Ці зазори виявляються під час захоплення заготовки валками, тобто коли вони розмикаються, а після початку росту навантаження на валках (моменту прокатування) замикаються. Зазори спричиняють істотне збільшення ударних навантажень, що несприятливо виявляється на роботі устаткування.

Недолік відомого способу полягає в тому, що його застосування не дозволяє встановити в якому технічному стані знаходиться устаткування крутильної системи лінії головного привода чи її частини, тобто наскільки розвитий знос елементів і породжувальні ним кутові зазори і яка тенденція їх змінювання під час експлуатації прокатної кліті.

Відомий спосіб визначення зміни технічного стану зчленування робочий валок-шпindelь головної лінії привода прокатної кліті, (патент України № 87827, МПК G01M 7/00, G01M 15/00, опубл. 25.08.2009), що включає періодичний вимір під час захоплення заготовки валками, принаймні у двох точках, значущого вібропараметра, зв'язаного з технічним станом лінії привода, і визначення часу запізнення реакції ділянок лінії привода на ударне навантаження, що діє на валки і прокату кліть під час захоплення заготовки валками. Виміри виконують при різній швидкості задання заготовки у валки, що обертаються з постійною частотою, і установлюють залежність часу запізнення від швидкості і по цій залежності визначають технічний стан зчленування робочий валок - шпindelь.

Недолік відомого способу полягає в тому, що збільшення швидкості задання заготовки в порівнянні з окружною швидкістю валків призводить до збільшення ударних навантажень на них.

Крім того, збільшуються ударні навантаження - максимальний момент сил пружності на всі елементи вздовж лінії привода - від шпindelів до двигуна. При збільшеному зносі та зазорах в зчленуваннях, до того ж невідомих на початку вимірів, подібні удари досягають значних величин, що небезпечно для обладнання.

Найбільш близьким по технічній суті та ефекту, що досягається є спосіб визначення технічного стану устаткування головної лінії привода прокатної кліті, (патент України № 70137, МПК G01M7/00, опубл. 15.09.2004) що включає серію вимірів вібраційного параметра щонайменше у двох точках ділянок лінії привода і визначення часу запізнення віброреакції ділянок на ударне навантаження, що діє на валки і прокату кліть під час захоплення заготовки валками, коли швидкість підходу заготовки до валків перед її захопленням співпадає з окружною швидкістю робочих валків.

У період захоплення заготовки валками періодично вимірюють щонайменше у двох точках значущий вібропараметр зв'язаний з технічним станом лінії привода. За даними запису вібропараметра визначають час запізнення реакції ділянок лінії привода на ударне навантаження. За часом запізнення установлюють тенденцію зміни визначеної залежності під часу наробітку і визначають технічний стан лінії привода і прогноз його зміни.

Недолік відомого способу полягає в тому, що за результатами вперше виконуваних вимірів проблематично дійти до висновку відносно технічного стану лінії привода оскільки ні з чим порівняти дані одержаних вимірів.

В основу поставлена задача удосконалення способу визначення технічного стану устаткування лінії головного привода шляхом проведення додаткової серії вимірів, яку виконують в режимі короточасної зупинки заготовки перед валками і наступного задання у валки та визначення середнього часу запізнення реакції ділянок і за їх різницею визначення технічного стану ділянок лінії привода, що дозволяє визначити рівень зносу елементів ділянок лінії привода та кутових зазорів, що забезпечить технічне обслуговування устаткування з урахуванням його фактичного стану.

Вирішення поставленої задачі досягається тим, що у способі визначення технічного стану устаткування лінії головного приводу валків прокатної кліті включає серію вимірів вібраційного параметра, пов'язаного з технічним станом лінії приводу, щонайменше у двох точках ділянок лінії приводу, визначення часу запізнення віброреакції ділянок на ударне навантаження, що діє на валки і прокатну кліть під час захоплення заготовки валками, коли швидкість підходу заготовки до валків перед її захопленням збігається з коловою швидкістю робочих валків, згідно з винаходом, виконують додаткову серію вимірів після короткочасної зупинки заготовки перед валками на відстані 0,5-1 товщини заготовки та наступної подачі її у валки, в кожній серії вимірів визначають середнє значення часу запізнення реакції ділянок, потім визначають різницю між середніми значеннями часу запізнення ділянок в першій та другій серіях вимірів і за їх різницею визначають технічний стан обладнання ділянок лінії приводу.

Те, що виконують додаткову серію вимірів після короткочасної зупинки заготовки перед валками на відстані 0,5-1 товщини заготовки та наступної подачі її у валки, та визначання середнього часу запізнення ділянок, що дозволяє визначити рівень зносу елементів ділянок лінії приводу та кутових зазорів, що забезпечить технічне обслуговування устаткування з урахуванням його фактичного стану.

У першій серії вимірів швидкість задання заготовки в валки на 2-5 % більша окружної швидкості бочки валків. Тому в результаті удару заготовки по бочці валків завжди відбувається розмикання зазору перш за все на шпindelній ділянці.

При короткочасній зупинці заготовки на невеликій відстані перед валками і наступному заданні в валки її захоплення відбувається майже з нульовою швидкістю, удар заготовки по валках відсутній або мінімальний, тому зазори в зчленуваннях не розмикаються, час запізнення реакції ділянок зменшується і дорівнює природному часу запізнення реакції в системі без зазорів.

Таким чином, в другій серії вимірів одержують середнє значення часу запізнення реакції ділянок, з яким проводять порівняння середнього значення часу запізнення реакції ділянок, одержаних в першій серії вимірів.

Суть пропонованого рішення пояснюється кресленням, де

на фіг. 1 (вид зверху) приведена схема лінії головного приводу валків і розташування чотирьох вібродатчиків D_1, D_2, D_3, D_4 на ділянках τ_2, τ_3, τ_4 .

На фіг. 2 показано розташування заготовки перед валками та швидкість заготовки і валків перед захопленням заготовки в валки для першої серії вимірів.

На фіг. 3 показано розташування заготовки перед валками для другої серії вимірів.

Лінія головного приводу складається з валкової системи і прокатної кліті 1, шпindelів 2, валків шестеренної кліті 3, редуктора 4, проміжного валу 5, електродвигуна 6.

На прокатній кліті 1 (фіг. 1) установлюють вібродатчик D_1 і уздовж лінії приводу вібродатчики - D_2, D_3, D_4 , наведені позначення часу (фіг. 1) запізнення реакції ділянки τ_2 датчика D_2 відносно датчика D_1 , ділянки τ_3 датчика D_3 відносно датчика D_1 , ділянки τ_4 датчика D_4 відносно датчика D_1 .

В першій серії вимірів захоплення заготовки 7 валками 8 і 9 (фіг. 2) відбувається, коли швидкість підходу заготовки до валків перед її захопленням збігається з коловою швидкістю робочих валків ($V_3=V_8$).

В другій серії вимірів захоплення заготовки 7 валками 8 і 9 (фіг. 3) відбувається, коли швидкість підходу заготовки до валків перед її захопленням дорівнює нулю ($V_3=0$).

Пропонований спосіб здійснюють таким чином.

На прокатній кліті (точка D_1) і в декількох точках на устаткуванні уздовж лінії приводу установлюють вібродатчики - D_2, D_3, D_4 . Потім першу серію вимірів виконують в режимі прокатки, коли швидкість підходу заготовки до валків перед її захопленням збігається з коловою швидкістю бочки робочих валків, другу серію вимірів виконують в режимі короткочасної зупинки заготовки перед валками на відстані 0,5-1 товщин заготовки, та наступного задання заготовки у валки, в кожній серії вимірів визначають середнє значення часу запізнення реакції ділянок, визначають різницю між середніми значеннями часу запізнення ділянок в першій та другій серії вимірів і за їх різницею визначають технічний стан обладнання лінії приводу.

Приклад конкретної реалізації

Після установки датчиків у точках D_1, D_2, D_3, D_4 , в останній чорновій кліті № 4 широкоугового стану 1680 металургійного комбінату "Запоріжсталь" при одному й тому ж технічному стані лінії приводу виконали дві серії вимірів вібрації. В першій серії виміри виконали в штатному режимі прокатки 17 заготовок і за результатами вирахували середнє значення часу запізнення реакції ділянок, значення яких наведено в таблиці.

Другу серію вимірів виконали з зупинкою кожної з 19 заготовок перед валками на відстані 45 мм до валків, тобто 0,8 від товщини заготовки з наступною задачею в кліть та за результатами

вимірів вираховували середнє значення часу запізнення реакції ділянок, значення яких наведено в таблиці. У таблиці приведені результати вимірів середнього часу запізнення ділянок лінії приводу (фіг. 1), згідно з найбільш близьким відомим та пропонованим способом. В таблиці наведено час запізнення реакції під час прокатки без та з зупинкою полоси перед валками чорнової кліті № 4 стану 1680.

Таблиця

Час запізнення	Умови прокатки	τ_2 , МС	τ_3 , МС	τ_4 , МС
Середні значення τ в першій серії вимірів при $V_3=V_B$		21	29	35
Середні значення τ в другій серії вимірів з зупинкою смуги перед валками, $V_B=0$		9	15	23
Різниця		12	14	12

Згідно з даними вимірів, наведених в таблиці, під час короткочасної зупинки заготівки перед валками час запізнення реакції ділянок значно зменшився в порівнянні з прокаткою заготівки без зупинки. Це свідчить про те, що в способі з зупинкою заготівки при відсутності удару по валках зазори не розмикаються перш за все на шпindelній ділянці, внаслідок чого зменшується час запізнення реакції ділянок.

Різниця часу запізнення реакції першої ділянки в двох серіях вимірів дорівнює $21-9=12$ мс.

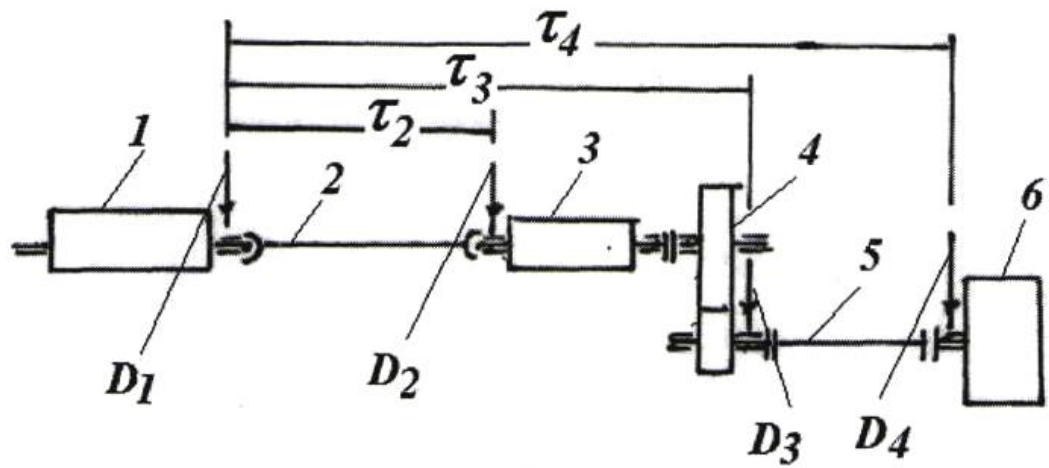
Значення 12 мс обумовлене розмиканням зазору на шпindelній ділянці і пропорційне його величині. Зменшення часу запізнення до 15 мс та 23 мс на інших двох ділянках відбулося за рахунок першої ділянки.

Різниці часу $29-15=14$ мс і $35-23=12$ мс залишилися майже однаковими (з урахуванням похибок) з першою різницею. Це вказує на те, що технічний стан цих ділянок не змінився. Зміну їх технічного стану одержують під час періодичних наступних серій вимірів.

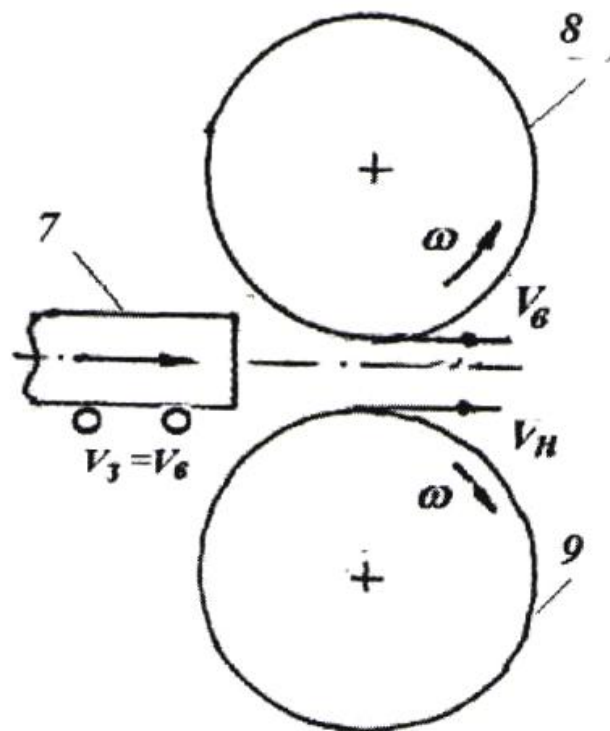
Таким чином, виконуючи періодичні виміри без зупинки заготівки та з її короткочасною зупинкою перед валками шляхом порівняння часу запізнення реакції ділянок, встановлюють технічний стан зчленувань лінії приводу, що дозволяє визначити рівень зносу елементів ділянок лінії приводу та кутових зазорів, що забезпечить технічне обслуговування устаткування з урахуванням його фактичного стану.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

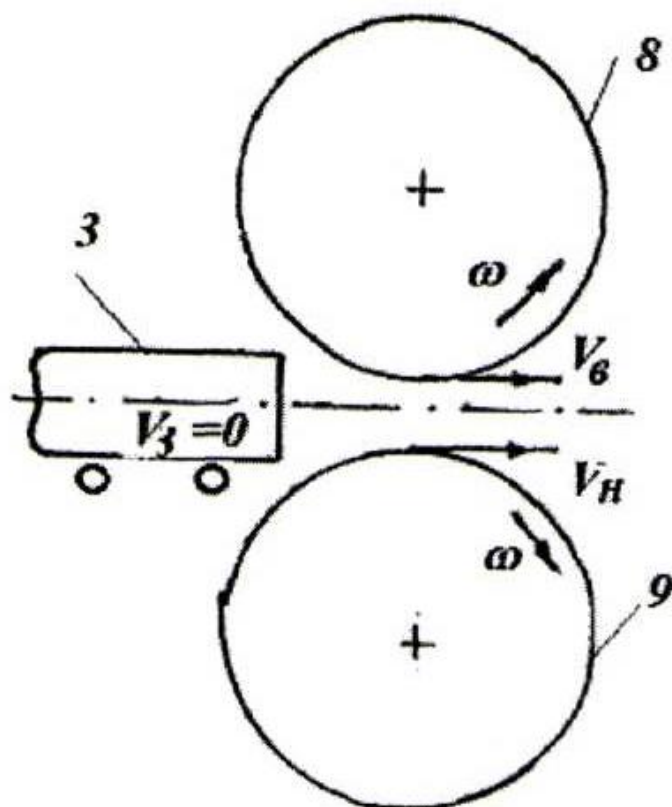
Спосіб визначення технічного стану устаткування лінії головного приводу валків прокатної кліті, який включає серію вимірів вібраційного параметра, пов'язаного з технічним станом лінії приводу, щонайменше у двох точках ділянок лінії приводу, та визначення часу запізнення віброреакції ділянок на ударне навантаження, що діє на валки і прокатну кліть під час захоплення заготівки валками, коли швидкість підходу заготівки до валків перед її захопленням збігається з коловою швидкістю робочих валків, який **відрізняється** тим, що виконують додаткову серію вимірів після короткочасної зупинки заготівки перед валками на відстані 0,5-1 товщини заготівки та наступної подачі її у валки, в кожній серії вимірів визначають середнє значення часу запізнення реакції ділянок, потім визначають різницю між середніми значеннями часу запізнення ділянок в першій та другій серіях вимірів і за їх різницею визначають технічний стан обладнання ділянок лінії приводу.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3