

НОВІ СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЛІНІЇ ПРИВОДУ ПРОКАТНИХ КЛІТЕЙ

Коренной В.В.

ІЧМ ім.З.І.Некрасова НАНУ, науковий співробітник, Україна

Анотація. На базі промислових досліджень безперервних широкоштабових станів гарячої прокатки розроблено кілька способів визначення технічного стану, перш за все величини кутових зазорів в лінії приводу валків прокатних клітей. Способи використовують данні вимірювань в перехідний період роботи прокатних клітей, під час захвату штаби прокатними валками. Перший спосіб спирається на вимірювання швидкості розповсюдження пружної деформаційної хвилі вздовж елементів лінії приводу, другий використовує технологічні особливості одночасної прокатки у двох клітях, третій - відносне зменшення періоду коливань перехідного процесу електромагнітного моменту двигуна.

Ключові слова: технічний стан, кутові зазори, лінія приводу, промислові вимірювання, момент сил пружності, вібрація, електромагнітний момент, прокатна кліть.

Спосіб визначення технічного стану лінії приводу за часом розповсюдження деформаційної пружної хвилі під час захвату штаби прокатними валками.

Відома дослідно-промислова система визначення технічного стану головних ліній клітей за часом запізнення реакції ділянок лінії приводу на захват металу прокатними валками [1]. При її реалізації на станині кліті, корпусі шестеренної кліті та редуктора встановлювали вібродатчики, при спрацьовуванні яких визначався цей час. У той же час реальні лінії приводу прокатних клітей мають різні кінематичні схеми та відрізняються розмірами своїх головних елементів. Додатково до цього частота обертання прокатних валків згідно з технологією прокатки варіюється у широкому діапазоні. Для уточнення раніше запропонованого способу, а також з метою його практичного використання на прокатному обладнанні, розробили інший спосіб, що враховує швидкість поширення деформаційної хвилі у лінії приводу. При цьому кутові зазори, що знаходяться на її шляху, збільшують час проходження ударного імпульсу вздовж ділянок лінії приводу.

На рисунку 1 представлено загальний вид лінії приводу кліті дуо стану 1680, де вказані всі наявні довжини та діаметри основних елементів лінії приводу.

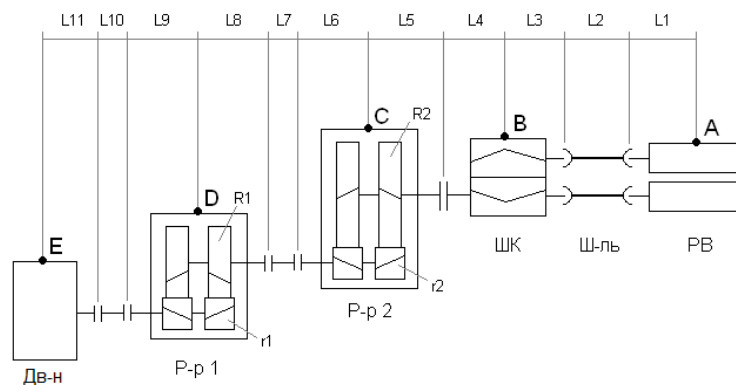


Рисунок 1 – Загальний вигляд лінії приводу кліті дуо стану 1680.

Відомо, що швидкість поширення крутильних коливань вздовж стрижня збігається зі швидкістю пружних поперечних збурень у необмеженому твердому середовищі (також зі швидкістю деформації зсуву у стрижні). При деформації кручення шлях дорівнює сумарній довжині валу, а при деформації зсуву - додатку радіусів зубчастих коліс. Наявність зазорів на шляху збільшуватиме час проходження деформаційної пружної хвилі T (1).

$$T = \sum_i \frac{L_i}{C_{КРУТ}} + \sum_j \frac{R_j}{C_{ЗГ}} + \sum_k \left(\Delta k \times \frac{60}{N_{ДВ}} \times \frac{l_k}{2\pi} \right), \text{с} \quad (1)$$

де, L – довжина валу, мм; R – радіус зубчатого колеса, мм; $C_{КРУТ}$, $C_{ЗГ}$ – швидкість розповсюдження крутильних та згинальних деформацій у металі, Δ – кутовий зазор, рад; $N_{ДВ}$ – частота обертання електродвигуна, об/хв; I – передавальне число редуктора; i, j, k – кількість елементів.

Час розповсюдження деформаційної хвилі вздовж лінії приводу є параметром, що залежить від технічного стану – зносу і зазорів в зчленуваннях прокатної кліті. Використання цього параметру дозволить підвищити точність діагностування.

Спосіб визначення технічного стану лінії приводу першої кліті при безперервній прокатці штаби у двох суміжних клітках.

Відомий спосіб, у якому здійснюють періодичне вимірювання під час захвату металу прокатними валками, принаймні, у двох точках лінії приводу вібраційного параметра, визначення часу запізнення реакцій ділянок лінії

приводу на захват метала прокатними валками та визначення технічного стану лінії приводу за величиною часу запізнення [2].

Запропоновано удосконалити цей спосіб, використовуючи особливості одночасної прокатки в двох клітках. Під час захвату штаби в другій клітці, в лінії приводу першої клітки через натяг чи підпор теж відбуваються досить значні коливання моменту сил пружності чи вібрації, але менші, оскільки зазори в її лінії замкнуті і не впливають на динаміку. За рахунок цього час запізнення реакції ділянок значно менше. Ідея запропонованого способу полягає у порівнянні часу запізнення реакції ділянок, одержаних при захваті штаби і при взаємодії клітей – чим більша ця різниця тим більше кутові зазори.

На рисунку 2 схематично представлений загальний вид ліній головного приводу двох суміжних клітей та вібраційні сигнали встановлених у ній датчиків.

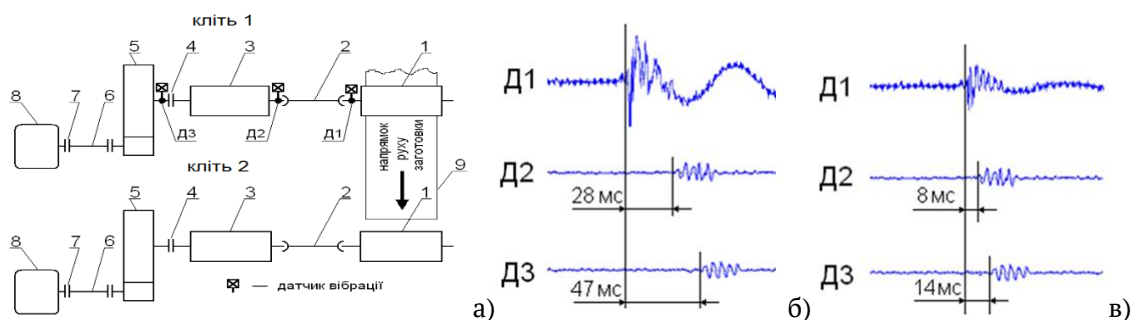


Рисунок 2 – Загальний вид ліній приводу клітці 1 та клітці 2 та технологія одночасної безперервної прокатки: 1 - валкова система, 2 - шпинделі, 3 - шестеренна клітка, 4 - корінна муфта, 5 - редуктор, 6 - проміжний вал, 7 - зубчаста напівмуфта, 8 - електродвигун, 9 – штаба (а); вібраційні сигнали реакції лінії приводу першої клітки у точках Д1, Д2, Д3 при захваті заготовки у першій клітці (б), у другій клітці (в).

На стані 1680 впроваджена прокатка штаб подвійної довжини, внаслідок чого спочатку відбувається захват заготовки у прокатних валках клітки 1. Потім відбувається захват заготовки прокатними валками клітки 2. У заготовці формується подовжнє зусилля, яке у вигляді збурення діє на прокатні валки клітки 1. В результаті цього уздовж її лінії приводу розповсюджується додатковий імпульс, на який реагують датчики в точках Д1, Д2 і Д3.

Виконали вимірювання віброшвидкості на корпусному обладнанні лінії приводу клітки 1 стану 1680 при прокатці штаб подвійної довжини. Датчики вібрації встановили на станину прокатної клітки (Д1), на кришку підшипникової

опори шестеренної кліті (Д2) та кришку підшипникової опори редуктора (Д3). Приклад отриманих сигналів представлено на рисунку 2а та 2б. Добре видно, що прокатне обладнання лінії приводу кліті 1 із запізненням реагує на захват штаби як у власних прокатних валках, так і у наступній кліті 2. Також характерно, що запізнення при захваті у кліті 2 (рис. 2б) суттєво менше у порівнянні з основним захватом у кліті 1 (рис. 2а).

Таким чином, запропонований спосіб дозволяє швидше визначити технічний стан ділянок лінії приводу та його зміну в процесі експлуатації прокатного стану при істотному зменшенні кількості вимірювань.

Спосіб визначення загального технічного стану лінії приводу за відношенням періодів коливань сигналу електромагнітного моменту двигуна.

У клітках чистової групи стану 1680 встановлені двигуни змінного струму з частотним регулюванням швидкості. У результаті потужність приводу зросла до 7 МВт, проти 5 МВт двигунів постійного струму, момент інерції роторів двигунів дещо зменшився. Поряд із двигунами, модернізації зазнала і система управління. Застосування мікропроцесорної техніки дозволило реєструвати електромагнітні параметри всіх двигунів чистової групи протягом прокатки штаби і записувати одночасно багато каналів з достатньою частотою дискретизації (близько 1000 Гц).

При захваті кількох штаб виконали запис електромагнітного моменту двигуна та моменту сил пружності з високою частотою дискретизації. Для 2-х параметрів вона становила $1000 \text{ Гц} / 2 = 500 \text{ Гц}$ [3]. Аналіз результатів вимірювань показав, що амплітуда коливань електромагнітного моменту двигуна значно менше амплітуди коливань моменту сил пружності. За піками сигналу електромагнітного моменту двигуна не можна оцінити максимальне пікове навантаження у механічній системі. Однак частота коливань моменту двигуна та моменту в механічній системі співпадає на протязі всього перехідного процесу.

Поеднали початок сигналу електромагнітного моменту двигуна (M_d) та моменту сил пружності (M) (рис. 3). Насправді, при захваті штаби прокатними валками реакція двигуна (електромагнітний момент, сила струму, частота

обертання) запізнюється відносно початку реакції моменту сил пружності на моторній ділянці лінії приводу.

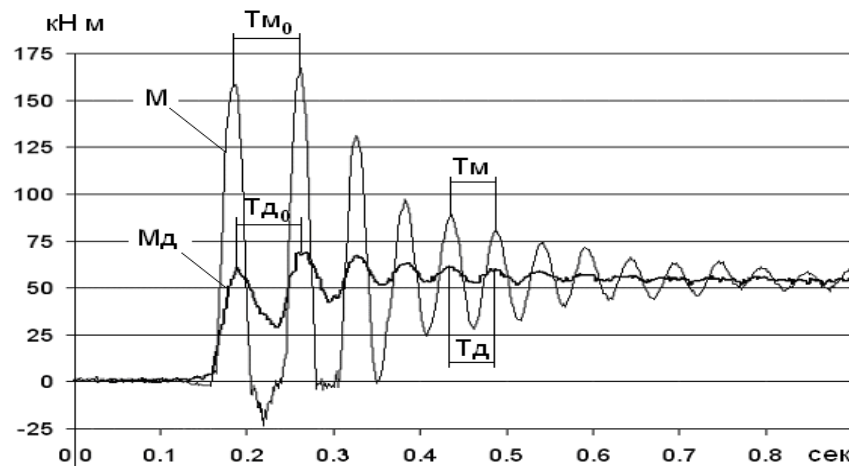


Рисунок 3 – Електромагнітний момент двигуна (Мд) кліті 6, що обчислюється у системі керування та момент сил пружності (М) на моторній ділянці лінії приводу.

При великому зносі зубчастого зчеплення в моторній муфті і редукторі на сигналі моменту сил пружності моторної ділянки після першого (іноді другого і третього) піку момент сил пружності падає до нуля, потім відбувається удар у зворотний бік. Це вказує на короткочасне розкриття зазору у зчленуванні. На цій ділянці період коливань моменту T_{m0} (особливо час між першим та другим піками) більше, ніж період T_m коливань на ділянці, де зазор не розмикається. Електромагнітний момент двигуна після першого піку до нуля не падає, однак за збільшеним періодом T_{d0} між першим і другим піками помітно, що двигун реагує на зазначене розмикання зазору. З практичних вимірювань встановлено, що у процесі експлуатації прокатної кліті T_{m0} і T_{d0} поступово збільшуються і можуть у 1,5-1,8 рази перевищувати відповідно T_m і T_d . Після капітального ремонту ця відмінність найменша (у 1,05-1,1 рази).

Запровадили показник відносного зменшення періоду коливань перехідного процесу електромагнітного моменту двигуна (2):

$$\Delta T_d = T_{d0}/T_d \quad (2)$$

Поділити загальний технічний стан лінії приводу на три рівні при таких значеннях ΔT_d : $\Delta T_d = 1,05 \dots 1,2$ (добрий технічний стан), $\Delta T_d = 1,25 \dots 1,4$ (задовільний технічний стан), $\Delta T_d = 1,45 \dots 1,8$ (поганий технічний стан).

Отримано діагностичний показник (ΔT_d) з чіткими межами визначення та суттєвою числовою різницею між рівнями технічного стану. Встановлено, що

сигнал електромагнітного моменту двигуна є діагностичним параметром, за яким можливо визначати загальний технічний стан лінії приводу прокатної кліті.

Висновки. Досвід промислових досліджень та особливості перехідних процесів в лініях приводу прокатних клітей сприяють подальшому пошуку способів діагностування технічного стану прокатних станів, використання яких збільшить ресурс прокатного обладнання та зменшить кількість раптових відмов прокатних клітей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Діагностика і динаміка прокатних станів : монографія. / В. В. Вереньов, В. І. Большаков, О. Ю. Путнокі та ін. Дніпропетровськ : ІМА пресс, 2007. 144 с.
2. Вереньов В.В., Юнаков О.М., Далічук А.П., Путнокі О.Ю., Мацко С.В., Борщов О.В. & Будакова С.А. (2004). Спосіб визначення технічного стану устаткування крутильної системи лінії головного приводу прокатної кліті (Патент України № 70137).
3. Далічук А. П., Коренной В. В., Мацко С. В., Цымбал П. П., Антонюк А. А. Переходные процессы в главных приводах чистовых клетей стана 1680. Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. Краматорськ : ДДМА. 2008. № 1(19). С. 304–307.

NEW METHODS OF DETERMINING THE TECHNICAL CONDITION OF THE DRIVING LINE OF THE ROLLING STANDS

Korennoi Volodymyr

Abstract. *Based on industrial research of continuous wide-stand hot rolling mills, several methods have been developed to determine the technical condition, primarily the value of the angular gaps in the drive line of the rolls of the rolling stands. The methods use measurement data during the transitional period of the rolling stands operation, during the capture of the stand by the rolling rolls. The first method is based on measuring the propagation velocity of the elastic deformation wave along the elements of the drive line, the second uses the technological features of simultaneous rolling in two stands, the third - the relative reduction of the period of oscillations of the transient process of the electromagnetic torque of the engine.*

Keywords: *technical condition, angular gaps, drive line, industrial measurements, moment of elastic forces, vibration, electromagnetic torque, rolling stand.*

REFERENCE

1. Diahnostyka i dynamika prokatnykh staniv : monohrafiya. / V. V. Veren'ov, V. I. Bol'shakov, O . YU. Putnoki ta in. Dnipropetrovs'k : IMA press, 2007. 144 s. [in Russian].
2. Veren'ov V.V., Yunakov O.M., Dalichuk A.P., Putnoki O.YU., Matsko S.V., Borshchov O.V. & Budakva S.A. (2004). Sposib vyznachennya tekhnichnoho stanu ustatkuvannya krutyl'noyi systemy liniyi holovnoho pryvodu prokatnoyi kliti (Patent Ukrayiny № 70137). [in Ukrainian].
3. Dalychuk A. P., Korennoy V. V., Matsko S. V., TSymbal P. P., Antonyuk A .A. Perekhodnye protsessy v glavnykh pryvodakh chystovykh kletey stana 1680. Udoskonalennya protsesiv i obladnannya obrobky tyskom v metalurhiyi i mashynobuduvanni. Kramators'k : DDMA. 2008. № 1(19). S. 304–307. [in Russian].