

УДК 621.77

Кириенко А. А.

### КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ В ОЧАГЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРОКАТКЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ФАКТОРА ТРЕНИЯ

Горячая прокатка на блюминге – высокоэффективный процесс производства полуфабриката. Ранее в работах была рассмотрена проблема распределения энергии изменения формы [1] и влияние фактора трения на величину вязкости [2] и на технологические условия прокатки [3]. А также влияние фактора трения на резонансно вибропластический эффект [4]. Но в работе [4] отсутствовали построения математической модели колебательного движения металла в очаге деформации, и отсутствовала четкая привязка к объекту исследования.

Целью данной работы является определение колебательного движения в очаге деформации с учетом внешних условий работы прокатной клетки, а также рассмотрение его в системе винт-валок-металл.

Для этого была построена математическая модель колебательного движения в подсистемах: винт-валок; валок-металл, которая учитывала фактор трения как основной, который описывает характер взаимодействия поверхностей. Принималась схема калибров и режим обжатий в 13 проходов для стали марки Ст 3, стана 1300 Блюминга № 2 ПАО «Арселор Миттал Кривой Рог».

Определение колебаний системы винт-валок определялось за следующей формулой [5]:

$$X1 = A_{2\sigma} \cdot e^{\alpha_A \cdot t} \sin(\omega_r t_{ij} + \varphi) + A_\sigma \sin(\omega t_{ij} - \psi), \quad (1)$$

де  $X1$  – общее колебательное движение нажимного винта, и валка;  $A_{2\sigma}$  – амплитуда колебаний нажимного винта;  $\alpha_A$  – коэффициент, который учитывает влияние демпирующей силы и массы системы которая колеблется;  $\omega_r$  – круговая частота собственных колебаний;  $\varphi$  – фазовый угол;  $A_\sigma$  – амплитуда вынужденных колебаний;  $\omega$  – кругова частота вынужденных колебаний;  $\psi$  – здвиг фаз между перемещением и действующей силой;

А колебания очага деформации определяются за следующей формулой [6]:

$$X2 = A_{meti,j} \sin(\omega_m t), \quad (2)$$

де  $\omega_m$  – частота колебаний метала;  $A_{meti,j}$  – амплитуда колебательного движения кристаллов в очаге деформации, которая равна:

$$A_{meti,j} = \frac{\Delta E_{cp,i,j}}{\left[ 1 - \sqrt{\frac{1}{a_{cp,i,j}^2} + \frac{1}{c_{cp,i,j}^2}} \right] Z_{cp,i,j}}, \quad (3)$$

де  $\Delta E_{cp,i,j}$  – среднее значение энергии изменения формы, для данной части очага деформации;  $\left( 1 - \sqrt{\frac{1}{a_{cp,i,j}^2} + \frac{1}{c_{cp,i,j}^2}} \right) \cdot Z_{cp,i,j}$  – среднее значение произведения функции изменения формы и внешних сил, для данной части очага деформации.

Воспользовавшись принципом суперпозиции колебательного движения системы винт-валок-металл, получим:

$$X3 = X1 + X2, \quad (4)$$

де  $X3$  – колебательное движение системы нажимное устройство-валок-металл;  $X1$  – колебательное движение системы нажимное устройство-валок;  $X2$  – колебательное движение в очаге деформации.

Построим график в программе Mathcad (рис. 1).

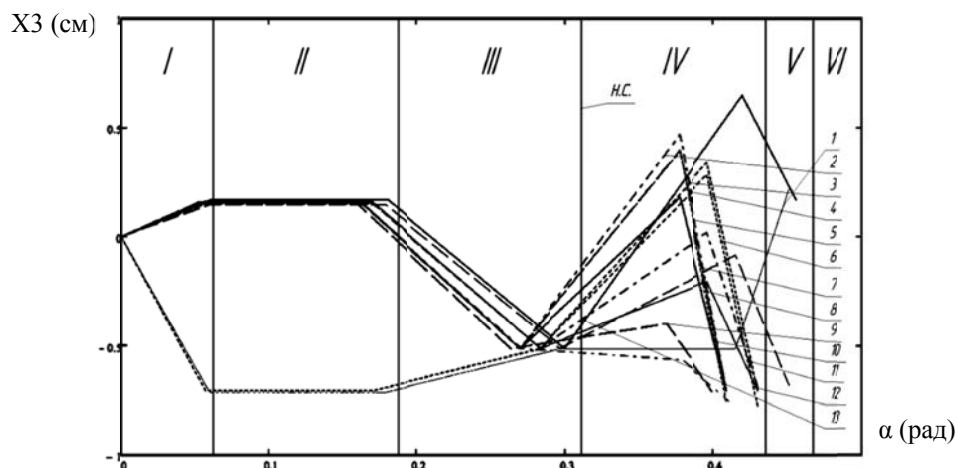


Рис. 1. График колебательного движения системы винт-валок-металл в зависимости от дуги контакта (1–13 номера проходов; I, V, VI – зона скольжения; II – зона сдвига приконтактных шаров на металле; III, IV – зона прилипания; н. с. – линия нейтрального сечения)

Для проверки достоверности математической модели было предложено построить графики сходимости. Для этого были проведены эксперименты по замеру вибрации в промышленных условиях. Для 1, 6, 13 проходов (рис. 2–4).

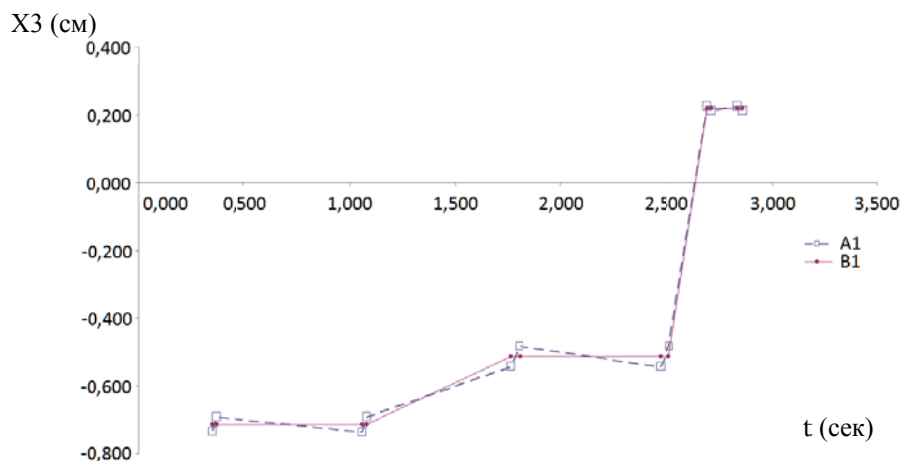


Рис. 2. График сходимости для 1 прохода (А – экспериментальная кривая зависимости колебаний от времени прокатки; В – математическая модель зависимости колебаний от времени прокатки)

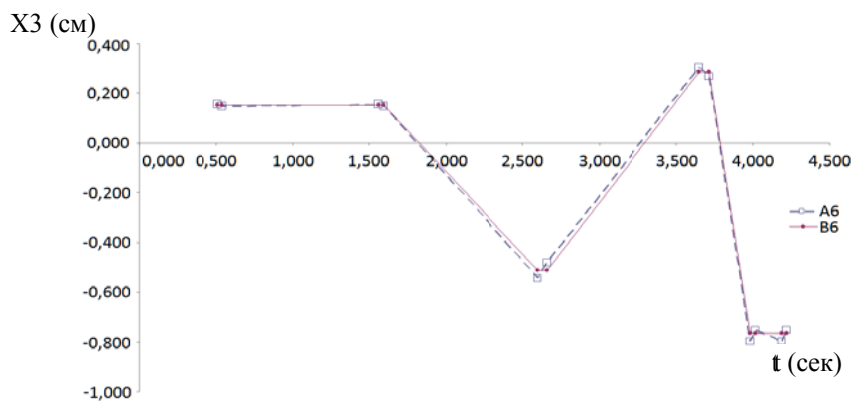


Рис. 3. График сходимости для 6 прохода (А – экспериментальная кривая зависимости колебаний от времени прокатки; В – математическая модель зависимости колебаний от времени прокатки)

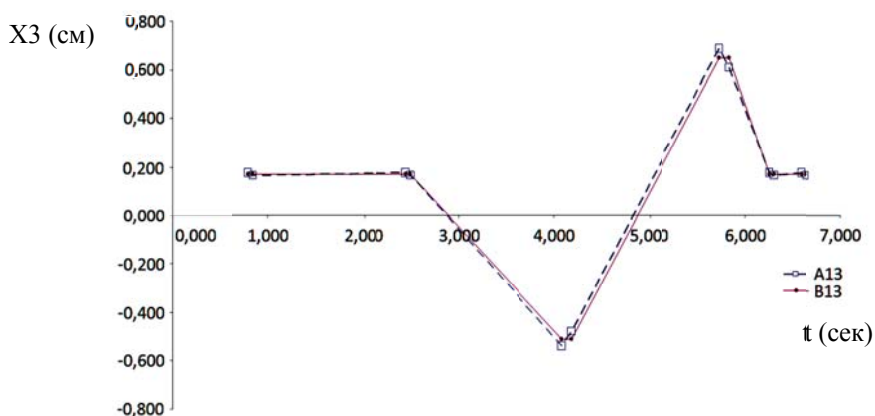


Рис. 4. График схождения для 13 прохода (А – экспериментальная кривая зависимости колебаний от времени прокатки; В – математическая модель зависимости колебаний от времени прокатки)

Модель показала разбежность с экспериментальными данными в 3–6 %, в зависимости от участка дуги контакта, что в среднем по дуге контакта составляет 4 %.

### ВЫВОДЫ

Колебательное движение в очаге деформации следует взвесить с учетом силы трения и ее влияния на амплитуду и частоту колебаний кристаллов в очаге деформации. Амплитуда колебательного движения кристаллов в очаге деформации зависит от энергии изменения формы, которая в свою очередь зависит от силы трения и представляется в виде функциональной зависимости. Частота колебаний кристаллов в очаге деформации зависит от величины вязкости, которая также зависит от силы трения.

Колебательное движение при прокатке металла следует взвесить с учетом принципа суперпозиции колебаний нажимного винта, вала, металла в системе винт-валок-металл. Модель показывает разбежность с экспериментальными данными в интервале от 3 до 6 %, что в среднем по дуге контакта составляет 4 %.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кириенко А. А. Распределение энергии при прокатке / А. А. Кириенко // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»* : зб. наук. праць: Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків : НТУ «ХПІ», 2010. – № 42. – 152 с.
2. Кириенко А. А. Определение частей поглощенной энергии при прокатке под влиянием фактора трения / А. А. Кириенко // *Обработка материалов давлением* : сб. науч. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2011. – № 1 (26). – С. 58–62.
3. Чумаков В. П. Совершенствование процесса прокатки в дуо реверсивной клети / В. П. Чумаков // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»* : зб. наук. праць: Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків : НТУ «ХПІ», 2010. – № 42. – 152 с.
4. Дидык Р. П. Резонансно вибропластический эффект в обработке металлов давлением / Р. П. Дидык, Е. В. Кузнецов, В. Ф. Балакин // *Сучасні проблеми металургії [Текст] : наук. вісті / Нац. металург. акад. України; [Відп. ред. Ю. М. Таран]. – Дніпропетровськ : Нац. металург. акад. 2002 р. – С. 365–369.*
5. Серенсен С. В. Динамическая прочность в машиностроении / С. В. Серенсен. – [2-е изд., перераб.]. – М. : НКМ СССР государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1945 г.
6. Кириенко А. О. Вплив сили тертя на зсувні коливання металу / А. О. Кириенко, Г. О. Кириенко // *Вісник Криворізького технічного університету*. – 2011. – № 27. – С. 133–136.

Кириенко А. А. – аспирант КТУ.

КТУ – Криворожский технический университет, г. Кривой Рог.

E-mail: kir32010@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 31.10.2011 г.