



# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 17.08.77 (21) 2516347/22-02

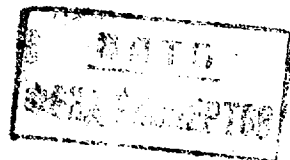
с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 30.05.80. Бюллетень № 20

Дата опубликования описания 05.06.80

(11) 737045



(51) М. Кл.<sup>2</sup>

В 21 В 37/06

(53) УДК 621.771.  
.01.065  
(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

А.С.Федосиенко и В.А.Тригуб

(71) Заявитель

Институт черной металлургии

### (54) СПОСОБ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НАТЯЖЕНИЕ МЕТАЛЛА ПРИ ПРОКАТКЕ

Изобретение относится к прокатному производству и совершенствует способ воздействия на натяжение металла при прокатке с натяжением.

Одной из основных причин, приводящей к появлению продольной разнотолщинности при прокатке, является эксцентриситет прокатных валков. В настоящее время влияние эксцентриситета прокатных валков на продольную разнотолщинность прокатываемой полосы в промышленных условиях практически не устраняется.

Известен способ воздействия на натяжение полосы изменением скорости валков, при котором натяжение изменяется в функции отклонения толщины полосы на выходе стана от заданного значения [1].

Этот способ предназначен преимущественно для реализации "тонкого" регулятора толщины полосы по отклонению и поэтому практически не устраняет периодические отклонения толщины полосы, вызываемые эксцентриситетом прокатных валков.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к предлагаемому является способ стабилизации натяжения металла при не-

прерывной прокатке, заключающийся в том, что угловую скорость валков изменяют в функции угла поворота вала обратно пропорционально его катящему радиусу [2].

Недостатком данного способа является то, что он не полностью исключает влияние эксцентриситета прокатных валков на конечную толщину полосы в процессе прокатки. Это объясняется тем, что он предназначен для стабилизации натяжения металла и поэтому устраняется составляющая разнотолщинности проката, которая определяется распространением натяжения в линии стана.

Цель изобретения - уменьшение разнотолщинности проката.

Поставленная цель достигается тем, что периодическое изменение угловой скорости валков осуществляют по сигналу, амплитуду и фазу которого перед прокаткой определяют по значению эксцентриситетов прокатных валков, измеренных после их завалки в клеть согласно частотным характерис-

тикам, соответствующих прокатных клетей из условия

$$V_k = \left| \frac{W_{hin, h_{BK}}(i\omega_k) \varepsilon_k}{W_{hin, V_k}(i\omega_k)} \right|$$

$$\varphi_k = \arg \left( \frac{W_{hin, h_{BK}}(i\omega_k) \varepsilon_k}{W_{hin, V_k}(i\omega_k)} \right)$$

с интервалом по скорости прокатки, например, через 0,5 м на всем ее диапазоне, а в процессе прокатки значения амплитуды и времени запаздывания сигнала корректируют через этот интервал при изменении скорости прокатки, где:

$W_{hin, h_{BK}}(i\omega_k)$  - амплитудно-фазовая частотная характеристика, описывающая колебания выходной толщины  $h_{in}$  при изменениях свободного зазора клетки  $K h_{BK}$  с частотой  $\omega_k$

$W_{hin, V_k}(i\omega_k)$  - амплитудно-фазовая частотная характеристика, описывающая колебания выходной толщины  $h_{in}$  при изменениях сигнала задания скорости прокатных валков клетки  $KV_k$  с частотой  $\omega_k$ ;

$\omega_k, \varepsilon_k$  - частота и амплитуда изменения свободного зазора клетки  $KV_k$  за счет эксцентриситета прокатных валков;

$V_k, \varphi_k$  - амплитуда и фаза колебаний сигнала задания скорости прокатных валков клетки  $KV_k$ , необходимые для устранения влияния эксцентриситета валков клетки на выходную толщину  $h_{in}$ ;

Сущность способа заключается в следующем.

Воздействие на натяжение металла при прокатке с натяжением осуществляют периодическим изменением угловой скорости валков в функции угла поворота по меньшей мере одного прокатного валка обратно пропорционально его катающему радиусу. Периодическое изменение угловой скорости валков осуществляют по сигналу, амплитуду которого перед прокаткой определяют по значению эксцентриситетов прокатных валков, измеренных после их завалки в клеть. В процессе прокатки значения амплитуды и времени запаздывания сигнала корректируют

при изменении скорости прокатки согласно частотным характеристикам соответствующих прокатных клетей. Таким образом, исключение влияния эксцентриситета валков на конечную толщину прокатываемого металла осуществляют принудительным воздействием на натяжение металла изменением угловой скорости за один оборот по крайней мере одного валка в функции его угла поворота с определенной амплитудой и фазой. Такое изменение необходимо в связи с наличием транспортного запаздывания, взаимосвязи между смежными клетями, разной степени влияния эксцентриситета каждой клетки на конечную толщину прокатываемой полосы и др. причин. Поэтому амплитуда и фаза периодических изменений угловой скорости валков задаются так, чтобы компенсировать влияние эксцентриситета валков данной клетки на толщину полосы на выходе стана.

Амплитуду и фазу определяют из условия:

$$W_{hin, h_{BK}}(i\omega_k) \varepsilon_k e^{i\omega_k t} \quad (1)$$

$$+ W_{hin, V_k}(i\omega_k) V_k(i\omega_k t + \varphi_k) = 0,$$

если известны амплитудно-фазовые частотные характеристики, описывающие колебания выходной толщины при изменениях свободного зазора клетки за счет эксцентриситета и при периодических изменениях угловой скорости.

Из условия (1):

$$V_k e^{i\varphi_k} = - \frac{W_{hin, h_{BK}}(i\omega_k)}{W_{hin, V_k}(i\omega_k)} \varepsilon_k \quad (2)$$

где  $W_{hin, h_{BK}}(i\omega_k)$  - амплитудно-фазовая частотная характеристика, описывающая колебания выходной толщины  $h_{in}$  при изменениях свободного зазора клетки  $K h_{BK}$  с частотой  $\omega_k$ ;

$W_{hin, V_k}(i\omega_k)$  - амплитудно-фазовая частотная характеристика, описывающая колебания выходной толщины  $h_{in}$  при изменениях сигнала задания скорости прокатных валков клетки  $KV_k$  с частотой  $\omega_k$ ;

$\omega_k, \varepsilon_k$  - частота и амплитуда изменения свободного зазора клетки  $K$  за счет эксцентри-

ситета прокатных валков;  
 $V_k, \varphi_k$  — амплитуда и фаза колебаний сигнала задания скорости прокатных валков клетки  $K V_k$ , необходимые для устранения влияния эксцентриситета валков клетки на выходную толщину  $h_{in}$ ;  $E=2,7182$  основание натурального логарифма;  $i=\sqrt{-1}$ .

Или другими словами, амплитуда

$$V = \left| \frac{W_{hin} h_{ок} (i\omega_k)}{W_{hin} V_k (i\omega_k)} \varepsilon_k \right|, \quad (3)$$

а фаза  $\varphi_k = \text{arg} \left( \frac{W_{in} h_{ок} (i\omega_k)}{W_{hin} V_k (i\omega_k)} \varepsilon_k \right) \quad (4)$

Из условия 3 очевидно, что амплитуда должна быть пропорциональна требуемой величине отклонения натяжения, количественные зависимости которых известны. Из условия 4 следует, что запаздывание по времени управляющего воздействия должно быть обратнo пропорциональным скорости распространения указанного воздействия или, другими словами, скорости движения прокатываемого металла на входе в стан, во всех межклетевых промежутках и на выходе из последней клетки из стана.

Следует учитывать, что уравнения 1-4 описывают зависимость колебаний толщины полосы на выходе стана от установившихся периодических колебаний свободного зазора каждой клетки и от периодических изменений сигнала задания, скорости вращения приводных двигателей рабочих валков.

Для осуществления данного способа при прокатке металла на широкополосных станах горячей и холодной прокатки в режимах переменной скорости необходимо (с учетом приведенных особенностей) определить величину эксцентриситета прокатных валков; знать изменение свободного зазора прокатной клетки в любой момент времени, (информацию можно получить (также с упреждением или с отставанием), например, с помощью датчика положения эксцентриситета каждого прокатного валка); снять с помощью любого известного устройства (или рассчитать) амплитудно-фазовые частотные характеристики для нескольких уровней скорости прокатки нужных клеток, например, от скорости 2 м/с до 12 м/с с интервалом скорости 0,5 м/с; определить диапазон изменения времени запаздывания и необходимых колебаний натяжения прокатываемой полосы (скорости вращения рабочих валков) в функции изменения скорости прокат-

ки; вводить коррекцию для изменения сигнала задания скорости прокатных валков клетки в функции переменной скорости прокатки.

диапазон значений амплитуды для клеток кварто широкополосных станов горячей и холодной прокатки определяется точностью изготовления опорных валков указанных клеток. На сегодняшний день эксцентриситет опорных валков составляет 0,03-0,05 мм. За редким исключением значение эксцентриситета может выходить за эти пределы. Максимальный диапазон колебаний свободного межвалкового зазора составляет 0,06... 0,1 мм. С учетом упругой деформации элементов клеток, сплющивания прокатных валков, коэффициента выравнивания клеток, упругой деформации прокатываемого металла и др. можно принять максимальный коэффициент отпечатываемости равным 0,5-0,7. Максимальное отклонение толщины полосы, вызываемое эксцентриситетом прокатных валков, составляет 0,03-0,07 мм. В настоящее время работа систем регулирования толщины полосы изменением межвалкового натяжения (тонкий регулятор) позволяет устранять значительно большие отклонения толщин.

Диапазон значений времени запаздывания следует рассчитывать при работе стана на максимальной скорости прокатки. Длина периода с максимальной амплитудой изменения толщины полосы после каждой клетки определяется диаметром опорных валков и равна 4-6 м. При скорости прокатки на выходе стана 12 м/с время, необходимое для формирования управляющего воздействия и изменения скорости вращения рабочих валков 5-й клетки составляет 0,5 с (2 Гц). Согласно данным эксперимента, проведенного на стане 1700 холодной прокатки Карагандинского металлургического комбината, изменяли обороты рабочих валков 5-й клетки на скорости прокатки 12 м/с с затухающей амплитудой до 10 Гц. Время запаздывания для устранения влияния эксцентриситетов предыдущих клеток значительно больше.

Способ можно реализовать, например при помощи устройства, которое состоит из техогенератора, системы управления скоростью двигателя, который установлен на одном валу с техогенератором. Выходы датчиков положения каждого прокатного валка клетки через соответствующие блоки памяти соединены со входом суммато-

ра. Выход техогенератора через блок коррекции амплитуды и фазы сигнала, а также выход сумматора соединены со входами блока изменения амплитуды и фазы сигнала, соединенного со входом блока задания скорости системы управления скоростью приводного двигателя.

Устройство работает следующим образом.

Перед прокаткой после завалки валков в клеть измеряют величины их эксцентриситетов и зависимости величин эксцентриситетов от углов поворота валков вводятся в запоминающие устройства. В процессе прокатки на выходе каждого запоминающего устройства находится изменяющийся сигнал, пропорциональный эксцентриситету соответствующего прокатного валка, ориентация которых в любой момент времени фиксируется датчиками положения. Суммарный сигнал с выхода сумматора подается через блок изменения амплитуды и фазы на вход системы управления скоростью двигателя. В результате окружная скорость рабочих валков изменяется с требуемой амплитудой и фазой. Коррекция амплитуды и фазы осуществляется сигналами по скорости приводных двигателей клетки. Коррекции амплитуды и фазы вводятся блоком коррекции с интервалом по скорости, например, через 0,5 м/с. Их значения определяют с помощью любого известного устройства или можно рассчитать по уравнениям.

Предлагаемый способ позволяет устранить влияние эксцентриситета прокатных валков на конечную толщину полосы. В связи с этим повышается точность производительности прокатных станов и качество готовой продукции, что позволяет экономить до 6% холоднокатанной полосы.

Формула изобретения

Способ воздействия на натяжение металла при прокатке с натяжением, заключающийся в периодическом изменении угловой скорости валков в функции угла поворота, по меньшей мере одного прокатного валка, обратно пропорционально его катающему радиусу по параметру задания, который определяют перед прокаткой по эксцентриситету прокатных валков, измеренных после их завалки в клеть, отличающийся тем, что, с целью уменьшения разнотолщинности проката, перед прокаткой дополнительно определяют амплитуду и фазу изменений свободного зазора клетки для установившихся скоростей прокатки, например, через 0,5 м/с на всем ее диапазоне по частотным характеристикам соответствующ-

щих прокатных клетей, а в процессе прокатки значение амплитуды и времени запаздывания задания периодического изменения угловой скорости валков корректируют через этот интервал при изменении скорости прокатки, причем значение амплитуды и фазы сигнала определяются из условий:

$$V_k = \left| \frac{W_{hin} \cdot h_{вк}(i\omega_k)}{W_{hin} \cdot V_k(i\omega_k)} \varepsilon_k \right|$$

$$\varphi_k = \arctan \left( \frac{W_{hin} \cdot h_{вк}(i\omega_k)}{W_{hin} \cdot V_k(i\omega_k)} \varepsilon_k \right),$$

- 10
- 15 где  $W_{hin}, h_{вк}(i\omega_k)$  - амплитудно-фазовая частотная характеристика, описывающая колебания выходной толщины  $hin$  при изменениях свободного зазора клетки  $K_{hвк}$  с частотой  $\omega_k$ ;
- 20  $W_{hin}, V_k(i\omega_k)$  - амплитудно-фазовая характеристика, описывающая колебания выходной толщины  $hin$  при изменениях сигнала задания скорости прокатных валков клетки  $K V_k$  с частотой  $\omega_k$ ;
- 25  $\omega_k, \varepsilon_k$  - частота и амплитуда изменения свободного зазора клетки  $K$  за счет эксцентриситета прокатных валков;
- 30  $V_k, \varphi_k$  - амплитуда и фаза колебаний сигнала задания скорости прокатных валков клетки  $K V_k$ , необходимые для устранения влияния эксцентриситета валков клетки на выходную толщину  $h_{(n)}$ ;
- 35  $i = \sqrt{-1}$ .
- 40
- 45
- 50

55 Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Дружинин Н.Н. Непрерывные станы как объект автоматизации, М., "Металлургия", 1967, с.222.

60 2. Авторское свидетельство СССР № 425686, кл.В 21 В 37/06, 1972.