



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 01.06.76 (21) 2367733/22-02

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 05.04.79 Бюллетень №13

Дата опубликования описания 06.04.79

(11) 655453

(51) М. Кл.²

B 21 B 37/06
G 05 D 13/00

(53) УДК 621.771.23;
62-52 (088.8)

(72) Авторы
изобретения

Г.М.Ревяко, Л.А.Кропачев и В.И.Фролов

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт

(54) СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАТЯЖЕНИЯ-СЖАТИЯ
НА МНОГОКЛЕТЕВОМ ПРОКАТНОМ СТАНЕ

1

Изобретение относится к автоматизации прокатного производства и может быть использовано для регулирования натяжения-сжатия металла в межклетевых промежутках на непрерывно-заготовочном прокатном стане.

Известен способ регулирования натяжения-сжатия на непрерывно-заготовочных станах (НЗС), основанный на непосредственном измерении усилий в полосе с помощью специальных датчиков-месдоз и последующем изменении скоростей прокатных валков или величин обжатий [1].

Однако из-за сложности организации измерений и низкой точности и надежности измерительных датчиков, а также из-за сложности построения систем автоматического регулирования для многоклетевых станов этот способ на практике оказывается неработоспособным. Способы регулирования, основанные на изгибе полосы или образования петли и использующиеся на сортовых станах не могут быть применены на НЗС из-за невозможности образования петли или изгиба полосы большого сечения.

Наиболее близким к описываемому изобретению по технической сущности

2

и достигаемому результату является известный способ, основанный на косвенном измерении натяжения-сжатия по изменению токов прокатных двигателей клеток [2] за счет влияния соседних клеток. При этом клетки подстраиваются последовательно по методу "вперед", когда скорость последующей клетки изменяется так, чтобы компенсировать приращение токов предыдущей клетки, или по методу "назад", когда подстраиваются скорости предыдущих клеток для компенсации приращений скоростей соседних клеток. Характерным для указанных способов является измерение приращений токов прокатных двигателей после захвата металла соседними клетями; автоматическое регулирование скоростей двигателей по изменению токов.

При этом процесс регулирования натяжения или сжатия между первой и второй клетью должен закончиться раньше, чем произойдет захват металла третьей клетью; затем он повторяется между второй и третьей клетью и т.д., т.е. процесс регулирования "продвигается" вместе с передним концом металла.

Способ имеет следующие недостатки.

Способ требует точного измерения величины приращения токов двигателей в условиях ограниченного времени измерения. Осуществить это трудно, так как на ток накладываются значительно шумы, вызванные как электрическими, так и механическими причинами. Времена переходных процессов (особенно для последних клетей) приближаются к временам прохождения металла между клетями, что не дает возможности осуществить качественное сглаживание шумов.

Регулирование по принципу подстройки последующей клетки под предыдущую нерационально, так как из-за одной клетки приходится изменять скорости всех последующих клетей. Кроме того, если, например, на первом и последнем межклетевом промежутке возникли подпоры в полосе, "волна" регулирования, продвигаясь вместе с передним концом металла, вызовет увеличенный подпор на последнем промежутке, что может привести к потере устойчивости полосы и возникновению аварийной ситуации.

Целью изобретения является осуществление рациональной настройки с выбором минимального числа регулируемых клетей, снижение требований к точности измерительных устройств, повышение точности проката и сокращение аварийных простоев стана.

Поставленная цель достигается последовательным измерением напряженных состояний полосы в процессе заполнения стана; при этом скорости электродвигателей при вхождении полосы в стан поддерживают неизменными. В процессе измерения напряженных состояний последовательно записывают и после вхождения полосы во все клетки на основании логического анализа всей совокупности напряженных состояний полосы в межклетевых промежутках выявляют клетки, подлежащие регулированию; затем одновременно изменяют скорости только этих клетей до тех пор, пока напряженные состояния в межклетевых промежутках не станут равными нулю или заданной величине.

Предлагаемый способ отличается от известных тем, что измерение усилий в полосе осуществляют последовательно в процессе вхождения полосы в стан при неизменных значениях скоростей валков стана. Совокупность напряженных состояний в межклетевых промежутках для всего стана записывают и производят вычисления для выявления клетей, подлежащих регулированию. Затем скорости только этих клетей изменяют до тех пор, пока усилия в полосе не будут сведены к нулю или к заданной величине. При этом поставленная цель достигается и при использовании грубых измерений усилий в полосе.

Способ реализуется следующим образом.

1. В процессе прокатки по данным калибровок и диаметров валков, профиля полосы и режимов прокатки вычисляют по известным методикам и устанавливают расчетные скоростные режимы клетей стана на холостом ходу.

2. Задают полосу в стан и в процессе прокатки последовательно при вхождении полосы в клетки измеряют величины напряженных состояний между клетями. При этом скорости двигателей поддерживают постоянными. Измерения осуществляют либо с помощью датчиков натяжения-сжатия типа мездоз, либо с помощью датчиков момента на валу двигателя, либо по приращению токов двигателей в момент входа полосы в следующую клетку или другими известными методами.

3. На основании измерений записывают совокупность напряженных состояний для всех межклетевых промежутков в виде $\sigma_{i,2}; \sigma_{2,3}; \dots; \sigma_{n-1,n}$

где $\sigma_{i,i+1} = \pm \left[\frac{H_{i,i+1}}{h_{i,i+1}} \right]$ - напряженное состояние

полосы между i -й и $i+1$ -й клетью, выраженное целым числом со знаком;

$H_{i,i+1}$ - измерение значения натяжения металла между клетями i -й и $i+1$ -й.

$h_{i,i+1}$ - принятый порог чувствительности измерения.

Таким образом совокупность напряженных состояний записывают в виде целых чисел со знаками, причем их максимальные значения зависят от точности измерительных устройств. При этом вид напряженного состояния представляют следующим образом:

0 - нормальное состояние, т.е. отсутствие сжимающих и растягивающих усилий;

-K, K=1,2, ..., P - растяжение полосы;

+K, K=1,2, ..., q - сжатие полосы.

4. Определяют разрегулированные клетки и вид воздействия на двигатели клетей либо с помощью логических таблиц, либо по порекуррентным соотношениям. Так для n -клетевого стана рекуррентные соотношения имеют вид:

$$D_i = -\sigma_{i+1,i} \quad D_{i+1} = 0, \text{ если } \text{sign } \sigma_{i-1,i} + \text{sign } \sigma_{i,i+1} = 0$$

$$D_i = 0 \quad D_{i+1} = \sigma_{i,i+1}, \text{ если } \text{sign } \sigma_{i-1,i} + \text{sign } \sigma_{i,i+1} \neq 0$$

$$D_{i-1} = D_i - \sigma_{i-1,i}; \quad D_{i+2} = D_{i+1} + \sigma_{i+1,i+2}$$

$$D_1 = D_2 - \sigma_{1,2}; \quad D_n = D_{n-1} + \sigma_{n-1,n}$$

где D_i - относительные дискретные значения управляющего воздействия на i -ю клетку;

$$\text{sign } \delta_{i,i+1} = \begin{cases} -1, & \text{если } \delta_{i,i+1} < 0 \\ 0, & \text{если } \delta_{i,i+1} = 0 \\ +1, & \text{если } \delta_{i,i+1} > 0 \end{cases} -$$

- функция знака.

Вначале определяют относительные дискретные управляющие воздействия D_i и D_{i+1} на некоторые i -ю и $i+1$ -ю клетки, которые удобно выбирать средними (например, для 6-клетевого стана $i=3, i+1=4$). Затем вычисляют относительные дискретные управляющие воздействия на клетки, находящиеся до i -й и после $i+1$ -й клеток. Значения управляющих воздействия Δn_i на клетки определяют по соотношениям:

$$\Delta n_i = \delta n_i \cdot D_i$$

где δn_i - изменение скорости i -й клетки, соответствующее одной градации D_i .

5. Изменяют скорости только клеток, подлежащих регулированию на величины, вычисленные в п.4.

6. В случае измерения усилий в полосе по приращениям токов повторяют в процессе выхода полосы из стана пп. 2-5 и корректируют настройку стана.

В случае использования грубых измерителей межклетевых усилий в полосе процесс настройки осуществляют за несколько шагов регулирования, повторяя пп. 2-6 до тех пор, пока напряжение состояния в межклетевых промежутках не будут сведены к нулю или к заданной величине. Число шагов зависит от "ступеньки" изменения скорости δn_i и от точности вычисления расчетных значений скоростей для данного профиля проката.

Рассмотрим реализацию способа на примере 4-х клетевой группы стана. Пусть в качестве измерителей используются датчики, измеряющие усилия между клетями по приращениям якорных токов двигателей в момент входа полосы в следующую клеть. В этом случае настройка стана сведется к следующей последовательности операций:

1) На основании калибровок валков для данного профиля полосы и режимов прокатки вычисляют и устанавливают расчетные значения скоростей каждой из 4-х клеток по известным методикам.

2) Задает полосу в стан и последовательно по мере входа полосы в последующую клеть замеряют приращения тока двигателя предыдущей клетки пропорциональные величинам усилий в межклетевых промежутках $H_{1,2}, H_{2,3}, H_{3,4}$. При проведении измерений скорости двигателей поддерживают равными расчетным.

3) Определяют и записывают напряженные состояния $\delta_{1,2}, \delta_{2,3}, \delta_{3,4}$. Пусть датчики позволяют определить только вид напряженного состояния, т.е.

его знак: $\delta_{i,i+1} = \text{sign} \left[\frac{H_{i,i+1}}{h_{i,i+1}} \right]$. В этом

случае $h_{i,i+1}$ характеризует величину зоны нечувствительности при измерениях, т.е. такое значение усилия, при котором величина натяжения в полосе считается допустимой. Пусть в результате последовательных измерений определены и записаны следующие значения межклетевых усилий:

$$\delta_{1,2} = -1; \delta_{2,3} = 0; \delta_{3,4} = 1.$$

4) Вычисляют управляющие воздействия на клетки по рекуррентным соотношениям, принимая за i -ю клеть 2-ю, а за $i+1$ -ю третью клеть:

$$D_2 = 0 \quad D_3 = \delta_{2,3} = 0, \text{ т.к. } \text{sign } \delta_{1,2} +$$

$$+ \text{sign } \delta_{2,3} \neq 0$$

$$D_1 = D_2 - \delta_{1,2} = +1$$

$$D_4 = D_3 + \delta_{3,4} = 1$$

20 Состояния стана и управляющие воздействия можно отобразить в следующем виде

$\delta_{1,2}$	$\delta_{2,3}$	$\delta_{3,4}$	D_1	D_2	D_3	D_4
-1	0	1	+1	0	0	1

25 Для настройки стана необходимо увеличить скорость валков первой клетки и увеличить скорость четвертой клетки. Для определения управляющего воздействия на двигатели клеток необходимо выбрать величину ступеньки однократного уменьшения или увеличения скорости δn_i .

30 Для непрерывных заготовочных станок из технологических соображений величины однократного относительного изменения скоростей выбирают порядка 1%.

5) Увеличивают на 1% скорость 1-й клетки, увеличивают на 1% скорость 4-й клетки, оставляя скорости 2-й и 3-й клеток без изменения.

6) В процессе выхода полосы из стана измеряют приращения токов двигателей и повторяют пп. 3-5.

45 При прокатке следующих заготовок данного профиля способ выполняют, начиная с п.2.

Все возможные комбинации межклетевых натяжений и значения относительных управляющих воздействия для 4-х клетевой группы стана можно свести в таблицу. По таблице строится логическая комбинационная схема для выработки относительных дискретных управляющих воздействий на скорости двигателей.

№№ п/п	$\delta_{1,2}$	$\delta_{2,3}$	$\delta_{3,4}$	D_1	D_2	D_3	D_4
1	2	3	4	5	6	7	8
1	-1	-1	-1	1	0	-1	-2
2	-1	-1	0	1	0	-1	-1
3	-1	-1	1	1	0	-1	0

60

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
4	-1	0	-1	1	0	0	-1
5	-1	0	0	1	0	0	0
6	-1	0	1	1	0	0	1
7	-1	1	-1	0	-1	0	-1
8	-1	1	0	0	-1	0	0
9	-1	1	1	0	-1	0	1
10	0	-1	-1	0	0	-1	-2
11	0	-1	0	0	0	-1	-1
12	0	-1	1	0	0	-1	0
13	0	0	-1	0	0	0	-1
14	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	1	0	0	0	1
16	0	1	-1	0	0	1	0
17	0	1	0	0	0	1	1
18	0	1	1	0	0	1	2
19	1	-1	-1	0	1	0	-1
20	1	-1	0	0	1	0	0
21	1	-1	1	0	1	0	1
22	1	0	-1	-1	0	0	-1
23	1	0	0	-1	0	0	0
24	1	0	1	-1	0	0	-1
25	1	1	-1	-1	0	1	0
26	1	1	0	-1	0	1	1
27	1	1	1	-1	0	1	2

Применение предлагаемого способа позволяет осуществить внедрение поэтапно: сначала в режиме советчика оператору (что во многих случаях может оказаться достаточным), а после накопления опыта - перейти к полной автоматизации. При подстройке: за несколько шагов способ не требует высокой точности измерения усилий в полосе, что позволяет приступить к внедрению предлагаемого способа, используя известные датчики. Кроме того, способ позволяет производить из-

бирательную подстройку с минимальным числом регулируемых двигателей.

Применение способа позволит получить народнохозяйственный эффект за счет улучшения качества проката, увеличения срока службы оборудования, сокращения числа аварийных ситуаций - "бурёжек" и экономии электроэнергии.

Формула изобретения

Способ регулирования натяжения-сжатия на многоклетевом прокатном стане, включающий установку расчетных начальных скоростей валков, последовательное измерение напряженных состояний в полосе между клетями в процессе заполнения и освобождения многоклетевого прокатного стана и регулирование скоростей электродвигателей клеток, отличающийся тем, что, с целью повышения точности проката и сокращения аварийных простоев стана, определяют клетки, в которых необходимо произвести регулирование скоростей приводов, и относительные квантованные изменения скоростей приводов этих клеток по рекуррентным соотношениям для i -клетевого стана:

$$D_i = -\sigma_{i+1,i}; D_{i+1} = 0, \text{ если } \text{sign } \sigma_{i-1,i} + \text{sign } \sigma_{i,i+1} = 0$$

$$D_i = 0; D_{i+1} = \sigma_{i,i+1}, \text{ если } \text{sign } \sigma_{i-1,i} + \text{sign } \sigma_{i,i+1} \neq 0$$

$$D_{i-1} = D_i - \sigma_{i-1,i}; D_{i+2} = D_{i+1} + \sigma_{i+1,i+2}$$

$$D_1 = D_2 - \sigma_{1,2}; D_n = D_{n-1} + \sigma_{n-1,n}$$

где D_i - относительное дискретное управляющее воздействие на двигатель i -й клетки, $\sigma_{i,i+1}$ - квантованное значение напряженного состояния полосы в промежутке между i -й и $i+1$ -й клетью, и изменяют одновременно скорости приводов клеток на вычисленные значения.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Выдрин В.Н. и др. Процесс непрерывной прокатки, М., "Металлургия", 1970.
2. Патент США №3807208, кл.72-19, 1974.

Редактор Е.Братчикова

Составитель А.Абросимов

Техред З.Фанта

Корректор М.Пожо

Заказ 1406/6

Тираж 1033

Подписное

ЦНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д.4/5

Филиал ППП "Патент", г.Ужгород, ул.Проектная,4