



УКРАЇНА

(19) UA (11) 21489 (13) A

(51)6 B 21 B 1/22

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДБез проведення експертизи по суті  
на підставі Постанови Верховної Ради України  
№ 3769 XII від 23 XII 1993 рПублікується  
в редакції заявника

(54) СПОСІБ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ПРОКАТКИ ШТАБ

(21) 95073458

(22) 24.07.95

(24) 16 12 97

(46) 30 04 98. Бюл. № 2

(47) 16.12.97

(72) Ніколаєв Віктор Олександрович, Штехно Олег Миколайович, Кудрін Володимир Іванович, Мовшович Вілорд Соломонович, Тилик Василь Трохимович, Телюк Віктор Григорович, Васильєв Олександр Геннадійович

(73) Металургійний комбінат "Запоріжсталь"

(57) Спосіб неперервної прокатки полос, включающий прокатку полосы с различной толщиной ее по длине, дополнительное обжатие утолщенных участков полосы при уменьшении скорости прокатки путем перемещения нажимных винтов по заданной программе одновременно во всех клетях стана, отличающийся тем, что перемещение нажимных винтов по продуктиметрам в каждой клетке для дополнительного обжатия утолщенных участков устанавливаются в соответствии с выражением

$$S_1 = K_1 \Delta h_1 (n_0 + n_1 \frac{h}{H_0} + n_2 \frac{v_w}{v} +$$

$$+ n_3 \frac{B}{L} + 0,8 n_4 + n_5 \frac{\delta h}{h}),$$

а после прохождения утолщенных участков через клетку стана нажимные винты возвращают в положение для получения номинальной толщины полосы, где  $S_1$  – дополнительное перемещение винтов в клетке;  $K_1$  – коэффициент, учитывающий расположение утолщенного участка полосы (передний конец –  $K_n$ ; шов –  $K_w$ ; задний конец полосы –  $K_z$ ),  $\Delta h_1$  – абсолютное обжатие;  $H_0$  и  $h$  – толщина подката и толщина полосы после чистовой клетки,  $v$  и  $v_w$  – окружная скорость валков в чистовой клетке в установившемся процессе при прокатке участка шва.

$B$  и  $L$  – ширина полосы и длина валков;  $\delta h$  – допустимая (заданная) продольная разнотолщинность готовой полосы;  $i$  – номер клетки;

$n_0$ – $n_5$  – экспериментальные передаточные коэффициенты.

Изобретение относится к холодной прокатке полос на непрерывных широкополосных станах (НШПС)

При прокатке на НШПС одним из дефектов точности полос является продольная разнотолщинность в результате утолщения

передних и задних концов рулона, а также утолщения полос на участках сварного шва укрупненных рулонов вследствие прокатки указанных участков при меньших скоростях, чем прокатка основной полосы при постоянной скорости [Коновалов Ю.В. и др. Повыше-

(19) UA (11) 21489 (13) A

ние точности листовой прокатки. - М., Металлургия, 1978, с. 125]. Величина утолщений находится в пределах на: передних концах -  $\delta h = 0,2-0,3$  мм; задних концах -  $\delta h = 0,3-0,7$  мм; на участке сварного шва -  $\delta h = 0,08-0,2$  мм.

Длина утолщенных задних концов в рулоне составляет 30-60 м. Уменьшение продольной разнотолщинности полос обеспечивает повышение качества профиля полос и снижение отходов металла.

Известен способ непрерывной прокатки полос, в котором коррекция толщины полосы по ее длине, а также обжатие задних концов полосы производится путем жесткой программы перемещения нажимных винтов [Коновалов Ю.В. и др. Повышение точности листовой прокатки. М., Металлургия, 1978, с. 34]. Для управления толщиной полосы по длине используется система автоматического регулирования толщины (САРТ). В САРТ предусмотрена коррекция обжатия заднего конца полосы по жесткой программе по следующей схеме [Там же, с. 38]:

Клеть	1	2	3	4	5	6
$S_n$ , мм	1,0	0,6	0,6	0,6	0,5	0,3
$S_k$ , мм	-	-	0,7	0,4	0,4	0,4

В таблице имеем:  $S_n$  - дополнительное перемещение нажимных винтов, обусловленное изменением температуры по длине полосы (от переднего к заднему концу);  $S_k$  - дополнительное перемещение нажимных винтов при обжатии заднего конца. В таблице указаны величины  $S_n$  и  $S_k$ , которые являются дополнительными по сравнению с номинальной установкой нажимных винтов для получения номинальной толщины полосы.

Недостатком этого способа прокатки полос является воздействие на толщину полосы путем жесткой программы дополнительной установки нажимных винтов, которая не учитывает геометрических параметров (толщина, ширина, обжатие, допускаемая разнотолщинность) и технологических параметров (скорость прокатки, натяжение полосы). Это снижает эффективность действия САРТ. (Там же с. 37). После колебаний толщины полосы на заднем конце составляет (максимальные значения): прокатка без САРТ -  $\delta h_k = 0,15-0,24$  мм; прокатка при работе САРТ -  $\delta h_k = 0,08-0,22$  мм.

Таким образом, жесткая программа регулирования толщины полосы не дает воз-

можности существенно уменьшить толщину задних концов и получить заметную экономию металла.

Наиболее близким к предлагаемому является способ непрерывной прокатки полос, включающим прокатку полосы с различной толщиной по ее длине, дополнительное обжатие утолщенных участков полосы при уменьшении скорости прокатки путем перемещения нажимных винтов по заданной программе во всех клетях стана [Ксензук Ф.Л. и др. Прокатка автолистовой стали. М., Металлургия, 1969, с. 198]. На непрерывном четырехклетевом стане 1680 а при прокатке переднего конца полосы нажимные винты клетки 1 опускают на 0,7-1,0 мм (по продуктиметрам), клетки 2 - на 0,5 мм и клетки 3 - на 0,3 мм по сравнению с их положением, установленным для получения номинальной толщины полосы. После захвата переднего конца полосы валками клетки 4 нажимные винты клеток 1-3 поднимают в первоначальное положение.

Перед выходом заднего конца полосы из размотывателя, когда на размотывателе остается пять-шесть витков, замедляют стан и одновременно опускают нажимные винты клеток 1 и 2 на 0,4-0,6 мм (по продуктиметрам) ниже положения для получения номинальной толщины.

При прокатке сварных рулонов за 5-6 м до сварного шва (при появлении отметки шва) одновременно с замедлением стана опускают нажимные винты клетки 1 на 0,4-0,6 мм (по продуктиметру).

Недостатком данного технического решения является наличие жесткой программы перемещения нажимных винтов на утолщенных участках длины полосы, не учитывающей изменение геометрических и технологических параметров прокатки полос, увеличенная толщина полосы на переходных участках, повышенный расход металла (см. табл. 3. существующий способ прокатки).

Задачей изобретения является усовершенствование способа непрерывной прокатки полос, путем использования рациональных дополнительных обжатий утолщенных участков при заданных параметрах перемещения нажимных устройств клеток, что обеспечивает уменьшение их продольной разнотолщинности, а следовательно достигается повышение качества полос.

Решение задачи обеспечивается тем, что в способе непрерывной прокатки полос, включающем прокатку полосы с различной толщиной по ее длине, дополнительное обжатие утолщенных участков полосы при

уменьшении скорости прокатки путем перемещения нажимных винтов по заданной программе одновременно во всех клетях стана, перемещение нажимных винтов по продуктиметрам в каждой клетке для дополнительного обжатия утолщенных участков устанавливают в соответствии с выражением

$$S_i = K_i \Delta h_i (n_0 + n_1 \frac{h}{H_0} + n_2 \frac{v_{ш}}{v} + n_3 \frac{B}{L} + 0,8 n_4 + n_5 \frac{\delta h}{h}) \quad (I)$$

а после прохождения утолщенных участков через клетки стана нажимные винты возвращают в положение для получения номинальной толщины, где  $S_i$  — дополнительное перемещение нажимных винтов в клетке  $i$  ( $i$  — номер клетки);  $K_i$  — коэффициент, учитывающий расположение утолщенного участка полосы (передний конец  $K_1$ ; шов  $K_2$ , задний конец  $K_3$ );  $\Delta h_i$  — абсолютное обжатие;  $H_0$  и  $h$  — толщина подката и готовой полосы;  $v$  и  $v_{ш}$  — окружная скорость валков в чистовой клетке в установившемся процессе и при прокатке участка шва;  $B$  и  $L$  — ширина полосы и длина бочки валков;  $\delta h$  — допустимая (заданная) продольная разнотолщинность готовой полосы;  $n_0 - n_5$  — передаточные коэффициенты значения которых указаны в табл. 1.

Способ осуществляют следующим образом.

Укрупненный рулон горячекатаных полос (со сварным швом) поступает на разматыватель стана. В соответствии с выражением (I) путем перемещения нажимных винтов по продуктиметрам устанавливают необходимые зазоры между валками для данного профиля полосы. Установку валков выполняют путем использования известных САПР, в систему управления которыми заложены данные для решения выражения (I) для каждого конкретного профиля или в режиме ручного управления. В последнем случае количественные данные перемещений  $S_i$  для каждого профиля определены по выражению (I) предварительно и включены в технологическую инструкцию для стана.

Передний конец полосы (рулона) задают в стан и прокатывают на заправочной скорости в чистовой клетке  $v = 0,5-0,7$  м/с при дополнительном обжатии металла. После захвата переднего конца полосы валками чистовой клетки нажимные винты поднимают до положения, соответствующего прокатке полосы в установившемся процессе с постоянной скоростью ( $v > 0,5-0,7$  м/с).

При появлении отметки сварного шва в момент начала замедления стана (уменьшения скорости прокатки до  $v_{ш} = 2-3$  м/с) од-

новременно перемещают нажимные винты всех клеток на величины  $S_i$  для выполнения дополнительного обжатия участков полосы в районе сварного шва. После выхода сварного соединения из чистовой клетки от сигнала индикатора шва на выходе стана скорость прокатки полосы увеличивают до установившейся, а нажимные винты возвращают в исходное положение с уменьшением обжатия полосы до исходных величин для установившегося процесса.

Перед выходом заднего конца рулона из разматывателя по сигналу индикатора отметки конца окружную скорость валков уменьшают до  $v = 0,7-0,8$  м/с в чистовой клетке с одновременным перемещением нажимных винтов на величины  $S_i$  в соответствии с выражением (I) (уменьшение зазора между валками).

На современных непрерывных станах холодной прокатки операции снижения и повышения окружной скорости валков в переходных процессах, а также перемещение нажимных винтов производят автоматически.

Способ опробован на непрерывном четырехклетевом стане 1680 при холодной прокатке всего основного сортамента полос. В качестве технологической смазки использовали эмульсию из эмульсола марки Т. В процессе исследований фиксировали величины перемещений нажимных винтов  $S_1, S_2, S_3$  и  $S_4$  (соответственно в клетях 1, 2, 3 и 4), толщины полос на входе в стан ( $H_0$ ) и конечную после четвертой клетки ( $h$ ) с записью ее на самопишущей прибор КСП-4, окружные скорости валков в четвертой клетке в установившемся процессе и в переходных процессах (прокатка переднего и заднего концов и участка шва), ширину полосы. Из записей толщины полосы определяли величину разнотолщинности полосы  $\delta h_n$  (передний конец),  $h_z$  (задний конец) и  $\delta h$  (участок шва).

Прокатку укрупненных рулонов массой  $G = 11-15$  т (два сваренных стык одинарных рулона) выполняли следующим образом. Перед началом прокатки положение верхней пары валков устанавливали в различное положение относительно нижней пары в соответствии с задаваемой величиной дополнительного перемещения нажимных винтов  $S_i = 0,3-1,1$  мм. После прокатки переднего конца полосы во всех клетях при  $v = 0,5-0,7$  м/с и выхода его из четвертой клетки нажимные винты возвращали в исходное положение для получения номинальной толщины полосы при одновременном увеличении скорости прокатки до  $v = 7-9$  м/с. При подходе отметки шва на полосу к клетке 1 окружную скорость валков уменьша-

ли до 2,6 м/с при одновременном уменьшении зазора между вальками путем дополнительного перемещения нажимных винтов на величину  $S_1 = 0-0,6$  мм. При этом обжатия по клетям изменяли таким образом, чтобы величины межклетевых натяжений при прокатке участка шва находились в пределах  $T_{ш} = (0,80-1,2)T$ , где  $T$  и  $T_{ш}$  — силы натяжений в установившемся процессе и при прокатке шва. После выхода шва из четвертой клетки производится одновременное увеличение скорости валков и увеличение зазора между вальками путем подъема нажимных винтов до их номинального положения и прокатка полосы на номинальной скорости до подхода отметки заднего конца рулона к клету 1. В этот момент происходит снижение окружной скорости валков и заданное изменение дополнительного обжатия в пределах  $S_1 = 0,5-1,3$  мм.

В процессе исследований изменение окружных скоростей валков выполнялось в автоматическом режиме, а изменение дополнительных перемещений нажимных винтов  $S_1$  — в автоматическом и ручном режимах.

На основании исследований методом планируемого и пассивного экспериментов (часть экспериментального материала представлена в табл. 2) и обработки данных на ЭВМ, получена регрессионная модель изменения величин перемещений  $S_1$  нажимных винтов клетей [уравнение (1)], учитывающая влияние основных факторов технологического процесса

$$S_1 = K_1 \Delta h_1 (n_0 + n_1 \frac{h}{H_0} + n_2 \frac{v_{ш}}{v} + n_3 \frac{B}{L} + 0,8 n_4 + n_5 \frac{\delta h}{h}) \quad (1)$$

Уравнение (1) позволяет получить оптимальные значения дополнительных перемещений  $S_1$  по клетям для получения величин  $\delta h = 0$  при различных параметрах технологического процесса:

Из табл. 2 следует, что величины дополнительных перемещений  $S_1$  по клетям стана оказывают существенное влияние на продольную разнотолщинность полосы на участках утолщений. Так, при прокатке полосы  $0,8 \times 1250$  мм из подката с  $H_0 = 2,7$  мм (оп. 12) с перемещениями  $S_{1-4} = 0$  продольная разнотолщинность готовой полосы на участке

шва сказалось равной  $\delta h = 0,13$  мм ( $\delta h = h_{yt} - h$ , где  $h_{yt}$  — толщина полосы на утолщенном участке;  $h$  — номинальная толщина полосы), что превышает допустимые размеры полосы по толщине. При прокатке такой же полосы с  $S_1 = 0,4$  мм;  $S_2 = 0,35$  мм;  $S_3 = 0,23$  мм; и  $S_4 = 0,1$  мм продольная разнотолщинность составила всего  $\delta h = 0,03$  мм (оп. 14). При значительном перемещении нажимных винтов в клетях можно получить полосы с толщиной в поле минусовых допусков, т.е. меньше номинальной толщины (оп. 7, 16).

В выражение (1) входит передаточный коэффициент  $K_1$ , учитывающий положение утолщенного участка по длине полосы. При расчете величин  $S_1$  для переднего конца в уравнение (1) следует ввести коэффициент  $K_n$  для участка шва —  $K_{ш}$ , для заднего конца —  $K_z$  (табл. 1).

Для управления перемещениями нажимных винтов клетей можно использовать известные системы автоматического регулирования толщины (САРТ) полосы с введенными в управляющие устройства уравнения (1) с данными табл. 1 и технологическими параметрами прокатки.

Опытная прокатка полос из малоуглеродистой стали различного сортамента с использованием данных полученных по выражению (1) с последующим анализом сортировки металла по толщине показывает эффективность предлагаемого способа прокатки полос (табл. 3). Как следует из табл. 3, при использовании предлагаемого способа прокатки отсортировка полос по толщине (полосы с толщиной более верхнего допуска) уменьшилась с 5,5% до 2,3%, т.е. ~ 2,4 раза. За счет применения рационального режима дополнительной деформации участка сварного шва более чем в 2 раза уменьшилось количество разрывов швов.

Таким образом, предложен способ непрерывной прокатки полос, который по сравнению с прототипом (существующий способ) позволяет уменьшить расход металла более чем в два раза и повысить производительность стана за счет уменьшения разрывов швов и, следовательно, простоев стана. Повышение стабильности процесса прокатки обеспечивает также повышение плоскостности полос и эксплуатационную стойкость валков.

Таблица 1

№ клетки	Передаточные коэффициенты								
	$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$	$K_n$	$K_w$	$K_z$
1	-0,25	1,87	-0,38	-3,41	2,83	0,45	2,0	1,0	2,0
2	3,47	0,19	-0,09	-3,6	0,14	2,26	1,25	1,0	1,75
3	4,3	-2,09	-1,81	-0,13	-2,0	-3,0	1,0	1,0	0,8
4	8,56	-5,47	-1,52	2,5	-7,96	-5,11	0,1	1,0	0,75

Таблица 2  
Изменения продольной разнотолщинности полосы при различных режимах деформации участка шва

№ опыта	Размеры подката и полосы, мм		$S_1$ , мм	$S_2$ , мм	$S_3$ , мм	$S_4$ , мм	$v$ , м/с	$v_{ш}$ , м/с	$\Delta h$ , мм
1	3,0	1,0x1250	0	0	0	0	8,5	3,5	0,07
2		---	0	0	0	0	8,5	3,5	0,075
3		---	0	0	0	0	8,5	2,0	0,12
4		---	0,45	0,45	0	0	8,5	2,0	0,07
5		---	0,35	0,35	0	0	8,5	2,0	0,07
6		---	0,45	0,35	0	0	8,5	2,0	0,07
7		---	0,40	0,40	0,25	0,09	8,5	2,0	0,06
8	3,0	1,4x1250	0	0	0	0	7,5	4,0	0,08
9		---	0	0	0	0	7,5	2,0	0,19
10		---	0,45	0,45	0,23	0,09	7,5	2,0	0,08
11		---	0,38	0,38	0,23	0,09	7,5	2,0	0,06
12	2,7	0,8x1250	0	0	0	0	8,5	2,0	0,13
13		---	0,40	0,37	0	0	8,5	2,0	0,06
14		---	0,40	0,35	0,23	0,1	8,5	2,0	0,03
15	3,0	1,4x1000	0	0	0	0	8,5	2,0	0,16
16		---	0,48	0,61	0,6	0,4	8,5	2,0	0,09
17	3,0	1,0x1000	0,55	0,44	0	0	8,5	2,0	0,04

Таблица 3

Отсортировка листов в отходы по толщине ( $h = 0,8-2,0$  мм) на агрегате поперечной разделке (АПР). Ширина полос  $B = 1000-1500$  мм

Способ про- катки	Проконтроли- ровано, т/рул.	Отсортирова- но, т/%	В том числе (т/%)		
			передний ко- нец	шов	задний конец
Существую- щий	1269/106	70,3/5,5	25,1/1,97	21/1,62	24,2/1,91
Предлагае- мый	1994/168	45,7/2,50	20,6/1,03	5,3/0,26	19,7/1,01

Упорядник

Техред М.Келемеш

Корректор О. Кравцова

Замовлення 4439

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101

