



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 013 144** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) МПК⁵ **B 21 B 19/02, 1/02**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 4808122/27, 02.04.1990

(46) Дата публикации: 30.05.1994

(71) Заявитель:
Всесоюзный научно-исследовательский и
проектно-конструкторский институт
металлургического машиностроения
им.А.И.Целикова

(72) Изобретатель: Закорко Н.П.,
Зуев И.Г., Жерновков С.П.

(73) Патентообладатель:
Закорко Николай Петрович,
Зуев Иван Гаврилович,
Жерновков Сергей Петрович

(54) СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОЙ ПОПЕРЕЧНО-ВИНТОВОЙ ПРОКАТКИ

(57) Реферат:

Использование: при винтовой прокатке
сплошных и полых профилей в двух очагах
деформации. На стане с двумя
трехвалковыми клетями винтовой прокатки
выполняют настройку комплекта валков

каждой клетки на размер d заготовки, угол
подачи γ и частоты n вращения валков по
приведенным зависимостям для обеспечения
непрерывной прокатки с натяжением без
скручивания заготовки между клетями. 1 ил.



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 013 144** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) Int. Cl.⁵ **B 21 B 19/02, 1/02**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 4808122/27, 02.04.1990

(46) Date of publication: 30.05.1994

(71) Applicant:
VSESOJUZNYJ NAUCHNO-ISSLEDOVATEL'SKIJ
I PROEKTNO-KONSTRUKTORSKIJ INSTITUT
METALLURGICHESKOGO
MASHINOSTROENIJA IM.A.I.TSELIKOVA

(72) Inventor: ZAKORKO N.P.,
ZUEV I.G., ZHERNOVKOV S.P.

(73) Proprietor:
ZAKORKO NIKOLAJ PETROVICH,
ZUEV IVAN GAVRILOVICH,
ZHERNOVKOV SERGEJ PETROVICH

(54) **METHOD OF CONTINUOUS HELICAL ROLLING**

(57) Abstract:

FIELD: grinding and polishing. SUBSTANCE:
each set of rolls for each three-roll stand
of rolling mill is adjusted to size D of
workpiece, feed angle γ , and frequency n of

roll rotation according to cited
dependencies for ensuring continuous rolling
without workpieces being twisted between the
stands. EFFECT: enhanced efficiency of the
method. 1 dwg

Изобретение относится к обработке металлов давлением и может быть использовано для винтовой прокатки сплошных и полых профилей.

Известен способ поперечно-винтовой прокатки, включающий прокатку заготовки в двух последовательно смещенных парах рабочих валков, образующих единый непрерывный очаг деформации. При этом валки одной пары устанавливают на угол раскатки противоположного знака, а по величине равным углу подачи валков другой пары [1].

Недостатком способа является то, что он не позволяет достигать большие степени деформации вследствие ограничений, налагаемых конструктивным исполнением винтовой клетки для осуществления способа. Очаг деформации одной пары находится в зоне очага деформации другой пары валков.

Известен способ поперечно-винтовой прокатки, принятый за прототип, включающий непрерывную прокатку длинномерных гильз в последовательно расположенных отдельно стоящих клетях с валками, развернутыми на угол подачи с вращением раската во всех клетях [2].

Недостатком способа является то, что при его осуществлении не достигается комплексное решение задачи устранения скручивания раската и согласование осевых скоростей между клетями, что может приводить к дестабилизации процесса деформации.

Целью изобретения является обеспечение стабильности процесса прокатки и повышение качества проката путем исключения закручивания раската между комплектами валков.

Это достигается тем, что в способе непрерывной поперечно-винтовой прокатки, включающем прокатку с вращением заготовки в последовательно расположенных комплектах валков, установленных друг от друга на расстоянии не менее длины валков и развернутых на углы подачи и раскатки, угол подачи последующего по ходу прокатки комплекта валков устанавливают больше предыдущего и определяют его по зависимости

$$\gamma_2 = \arctg \left[\left(1,01 - 1,05 \frac{d_1 (d_1^2 - d_{1\text{вн}}^2)}{d_2 (d_2^2 - d_{2\text{вн}}^2)} \right) \operatorname{tg} \gamma_1 \right] \quad (1) \text{ где } \gamma_1 \text{ и } \gamma_2 - \text{углы подачи рабочих}$$

валков двух смежных комплектов,

d_1 и d_2 ; $d_{1\text{вн}}$ и $d_{2\text{вн}}$ - соответственно наружные и внутренние диаметры трубной заготовки на выходе из валков (для заготовки сплошного сечения $d_{1\text{вн}} = d_{2\text{вн}} = 0$).

Для устойчивого протекания процесса непрерывной прокатки в последовательно расположенных комплектах рабочих валков (по меньшей мере в двух отдельно стоящих клетях винтовой прокатки) необходимо создание условий, обеспечивающих ее стабильность.

Установка произвольным путем углов подач и частоты вращения рабочих валков в смежных комплектах неизбежно приведет к потере устойчивости заготовки и в конечном счете к прекращению процесса.

Под стабильностью процесса прокатки в

нескольких последовательно расположенных комплектах валков (в отдельных клетях винтовой прокатки) понимается процесс деформации заготовки, происходящий без подпора раската между двумя смежными очагами деформации и без его скручивания между ними. Это достигается путем обеспечения определенных соотношений между технологическими, кинематическими и конструктивными параметрами двух смежных комплектов.

Частота вращения рабочих валков двух смежных комплектов связана соотношением

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2 d_1 \cos \gamma_2}{D_1 d_2 \cos \gamma_1} \quad (2) \text{ где } n_1 \text{ и } n_2 -$$

частоты вращения валков двух смежных комплектов;

D_1 и D_2 - диаметры валков в начале их калибрующих участков.

Приведенные зависимости (1) и (2) в совокупности их применения исключают условия, приводящие к возникновению подпора и натяжения, а также скручивания раската между очагами деформации двух смежных клетей. В реальном процессе прокатки это означает равенство секундных объемов в обоих очагах, а установленные частоты вращения валков при определенных углах подачи обеспечивают вращение заготовки между очагами деформации без ее скручивания.

Исходя из этого для заготовки сплошного сечения имеем:

$F_1 V_{\text{ос } 1} = F_2 V_{\text{ос } 2}$ (3) где F_1 и F_2 - площади сечения раската на выходе из очага деформации первой и второй клетки по ходу прокатки;

$V_{\text{ос } 1}$ и $V_{\text{ос } 2}$ - осевая скорость выхода металла из валков

Известно: $V_{\text{ос}} = \pi D n \sin \gamma$ (4)

Подставляя (4) в (3) получим

$$d_1^2 V_{\text{ос } 1} = d_2^2 V_{\text{ос } 2} \quad \text{или}$$

$$V_{\text{ос } 1} = \frac{d_2^2}{d_1^2} V_{\text{ос } 2} = \frac{V_{\text{ос } 2}}{\lambda_2} \quad (5)$$

$$\lambda_2 = \frac{d_1^2}{d_2^2} - \text{вытяжка во второй клетке, откуда}$$

$$\frac{\sin \gamma_1}{\sin \gamma_2} = \frac{D_2 n_2}{\lambda_2 D_1 n_1} \quad (6)$$

Соотношение (6) связывает конструктивные, кинематические и технологические параметры обоих комплектов валков клетей между собой и обеспечивает условие деформации заготовки без подпора (натяжения) и образования петли. Однако, это соотношение является необходимым, но недостаточным условием для обеспечения устойчивого процесса прокатки.

Вторым условием обеспечения стабильности процесса является отсутствие скручивания заготовки в промежутке между двумя смежными очагами деформации. Это условие обеспечивается равенством частоты

вращения раската в обеих клетях:

$$n_{31} = n_{32}$$

Окружная (тангенциальная) скорость раската на выходе из клетки

$$V\tau = \pi D n \cos \gamma \quad (7)$$

$$\text{или } V\tau = \pi d n_3 \quad (8)$$

Приравнявая (7) и (8) получим

$$n_3 = \frac{D n_2 \cos \gamma}{d} \quad (9)$$

Из равенства $n_{31} = n_{32}$ следует

$$\frac{\cos \gamma_1}{\cos \gamma_2} = \frac{D_2 n_2 d_1}{D_1 n_1 d_2} \quad (10) \text{ или } \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2 d_1 \cos \gamma_2}{D_1 d_2 \cos \gamma_1} \quad (11)$$

Из выражений (6) и (10) имеем

$$\sin \gamma_2 = \frac{\cos \gamma_1 \lambda_2^2 D_1 n_1}{D_2 n_2} \quad (12)$$

$$\cos \gamma_2 = \frac{\cos \gamma_1 D_1 n_1 d_2}{D_2 n_2 d_1} \quad (13)$$

После совместного решения (12) и (13) получим

$$\frac{\tan \gamma_1}{\tan \gamma_2} = \frac{d_2^3}{d_1^3} \quad (14)$$

Соответственно для полой заготовки (трубы)

$$\frac{\tan \gamma_1}{\tan \gamma_2} = \frac{d_2^2 (d_2^2 - d_{2\text{вн}}^2)}{d_1^2 (d_1^2 - d_{1\text{вн}}^2)} \quad (15)$$

Равенство (15) связывает диаметры раската и углы подачи валков двух смежных клетей.

Таким образом установленные зависимости (11) и (15) позволяют стабилизировать процесс деформации в двух смежных клетях винтовой прокатки, исключить скручивание заготовки между смежными очагами деформации.

Следует отметить, что непрерывная деформация в двух клетях винтовой прокатки, осуществляемая с одновременным осевым и вращательным движением заготовки, не допускает ведение процесса с подпором. Это объясняется тем, что в случае подпора заготовка изгибается с образованием петли, что при условии ее вращения немедленно приведет к прекращению процесса. Поэтому процесс деформации в этом способе следует вести с соблюдением предложенных соотношений (11) и (14). Однако на практике, в связи с зависимостью стабильности процесса деформации от значительного числа переменных во времени параметров, среди них: температура металла и равномерность распределения ее по длине заготовки, состояние поверхности валков, изменение коэффициента трения и т. д. возникают значительные трудности поддержания условий, позволяющих ведение устойчивого процесса деформации.

Поэтому для предложенного способа не противопоказана возможность ведения процесса с натяжением, величина которого может устанавливаться изменением скорости выхода металла из валков в одной из клетей, например увеличением скорости прокатки во

втором комплекте валков.

Отношение скорости V выхода металла из валков с натяжением к скорости V^1 без натяжения в указанном комплекте валков, может изменяться в пределах

$$K = V/V^1 = 1,01 \dots 1,05 \quad (16)$$

Это соотношение скоростей достигается аналогичным увеличением угла подачи валков во втором комплекте в этих же пределах, в связи с прямо пропорциональной зависимостью осевой скорости от угла подачи, поэтому справедливо соотношение

$$K = \frac{v_2}{v_1} = \frac{v_2}{\lambda_2 v_1} = \frac{d_2^3 \tan \gamma_2}{d_1^3 \tan \gamma_1} = 1,01 \dots 1,05 \quad (17)$$

Откуда в общем случае (для трубной заготовки), имеем

$$\gamma_2 = \arctg \left[(1,01 \dots 1,05) \frac{d_1^2 (d_1^2 - d_{1\text{вн}}^2)}{d_2^2 (d_2^2 - d_{2\text{вн}}^2)} \tan \gamma_1 \right] \quad (18)$$

Минимальное значение $K = 1,01$ принимается при прокатке марок сталей с наименьшим коэффициентом осевой скорости и сравнительно низких температурах прокатки. Если $K < 1,01$, то получаемый угол подачи практически не отличается от угла подачи, определяемого при отсутствии натяжения, а это в свою очередь может создать аварийную ситуацию из-за возможного появления подпора вследствие влияния неконтролируемых параметров процесса прокатки.

Максимальное значение $K = 1,05$ принимается для марок сталей с максимальным значением коэффициента осевой скорости. Принятие $K > 1,05$ приводит к значительному натяжению между комплектами валков, создающему условия для разрыва раската между ними.

На чертеже изображена схема получения сортового проката и труб.

Способ получения сортового проката и труб осуществляется на стане с двумя трехвалковыми клетями винтовой прокатки следующим образом. Предварительно выполняют настройку комплекта валков каждой клетки на размер d заготовки, угол подачи γ и частоты n вращения валков по приведенным зависимостям. Передний конец заготовки 1, нагретой до температуры прокатки, захватывается валками 2 первой трехвалковой клетки и обжимается до промежуточных размеров d_1 сортового проката или d_1 и $d_{1\text{вн}}$ для трубы.

Затем передний конец заготовки захватывается валками 3 второй трехвалковой клетки стана и обжимается в ней до конечных размеров d_2 (соответственно d_2 и $d_{2\text{вн}}$ для трубы). С момента захвата заготовки валками второй клетки на стане осуществляется процесс непрерывной прокатки в двух клетях винтовой прокатки.

Пример 1. По описанному выше способу была выполнена прокатка сортовой заготовки из стали 45 диаметром $d_0 = 120$ мм и длиной 800 мм, диаметр готовой прокатки $d_2 = 30$ мм, температура прокатки 1200°C .

Параметры первой клетки: диаметр валков $D_1 = 137$ мм, $d_0 = 120$ мм, $d_1 = 400$ мм, вытяжка $\lambda_1 = d_0^2/d_1^2 = (120/40)^2 = 9$, угол подачи $\gamma_1 = 12^\circ$, частота вращения валков $n_1 = 70$ мин⁻¹.

Параметры второй клетки: диаметр валков $D_2 = 100$ мм, $d_2 = 30$ мм, вытяжка $\lambda = (40/30)^2 = 1,78$.

Необходимо определить угол подачи γ_2 и частоту вращения n_2 для условий отсутствия подпора и натяжения и наличия натяжения в указанных выше пределах.

Для случая отсутствия подпора и натяжения находим:

$$\text{tg} \gamma_2 = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^3 \text{tg} \gamma_1 = \left(\frac{40}{30} \right)^3 \cdot 0,2126 = 0,5039 \quad \gamma_2 = 26^\circ 45'$$

$$n_2 = \frac{n_1 D_1 d_2 \cos \gamma_1 n_1 \tau_1}{D_2 d_1 \cos \gamma_2 n_1 \tau_2} = \frac{70 \times 137 \times 30 \times 0,978 \times 1}{100 \times 40 \times 0,893 \times 1} = 78,8 \text{ мин}^{-1}$$

По известным зависимостям определим осевую скорость V_{oc} заготовки на выходе из очага деформации:

I клеть
 $V_{oc1} = \pi D_1 n_1 \sin \gamma_1 / 60 \cdot 1000 = 3,14 \cdot 137 \cdot 70 \cdot 0,2079 / 60 \cdot 1000 = 0,104$ м/с
 II клеть: $V_{oc2} = 3,14 \times 100 \times 78,8 \times 0,45 / 60 \times 1000 = 0,185$ м/с

Окружная скорость заготовки V_c
 I клеть
 $V_{\tau_1} = \pi D_1 n_1 \cos \gamma_1 / 60 \cdot 1000 = 3,14 \cdot 137 \cdot 70 \cdot 0,9781 / 60 \cdot 1000 = 0,491$ м/с
 II клеть
 $V_{\tau_2} = 3,14 \cdot 100 \cdot 78,8 \cdot 0,893 / 60 \cdot 1000 = 0,369$ м/с

Частота вращения заготовки
 I клеть:
 $n_{31} = \frac{D_1}{d_1} \cdot n_1 \tau_1 \cos \gamma_1 = \frac{137}{40} \cdot 70 \cdot 1 \cdot 0,9781 = 234,5$ мин⁻¹
 II клеть
 $n_{32} = \frac{100}{30} \cdot 78,8 \cdot 1 \cdot 0,893 = 234,5$ мин⁻¹

Из анализа проведенных расчетов имеем:
 Отношение $\frac{V_{oc2}}{V_{oc1}} = \frac{0,185}{0,140} = 1,78$

равно $\lambda_2 = 1,78$, а $n_{31} = n_{32} = 234,5$ мин⁻¹

При наличии натяжения (с учетом коэффициента $K = 1,01 \dots 1,05$) имеем:
 угол подачи $\gamma_2 = 26^\circ 56'$ при $K = 1,01$

$\gamma_2 = 27^\circ 53'$ при $K = 1,05$
 Таким образом, гарантированный устойчивый процесс прокатки обеспечивается в зависимости от марки стали в диапазоне изменения угла подачи $\gamma_2 = 26^\circ 56' \dots 27^\circ 53'$, при этом скорость прокатки изменяется $V_2 = 0,187 \dots 0,194$ м/с.

Прокатка стали 45 осуществлялась при угле подачи $\gamma_2 = 27^\circ$ и частоте вращения

валков $n_2 = 79$ мин⁻¹, при этом процесс деформации происходил стабильно, без заметного скручивания металла между клетями.

Пример 2. Прокатка полой (трубной) заготовки $d_0 = 108$ мм, $d_{0вн} = 68$ мм из стали 20 производилась при 1150°C .

Параметры первой клетки: диаметр валков $D_1 = 137$ мм, $d_1 = 53$ мм, $d_{1вн} = 27$ мм, вытяжка

$$\lambda = \frac{d_0^2 - d_{0вн}^2}{d_1^2 - d_{1вн}^2} = \frac{108^2 - 68^2}{53^2 - 27^2} = \frac{7040}{2080} = 3,38$$

угол подачи $\gamma_1 = 10^\circ$, частота вращения валков $n_1 = 60$ мин⁻¹.

Параметры второй клетки: диаметр валков $D_2 = 100$ мм, $d_2 = 33$ мм, $d_{2вн} = 19$ мм, вытяжка

$$\lambda_2 = \frac{53^2 - 27^2}{33^2 - 19^2} = 2,86$$

Угол подачи определяем по формуле (1):

$$\text{tg} \gamma_2 = \frac{(1,01 \div 1,08) d_1 (d_1^2 - d_{1вн}^2)}{d_2 (d_2^2 - d_{2вн}^2)} \cdot \text{tg} \gamma_1$$

$$\gamma_2 = \frac{1 \cdot 0,1763}{0,8494} = 0,1763 = 0,8171 \dots 0,8494$$

$$1 = \frac{(1,01 \div 1,05) \cdot 53 (53^2 - 27^2)}{33 (33^2 - 19^2)} \times$$

$$\gamma_2 = 39^\circ 15' \dots 40^\circ 20'$$

Угол подачи принимаем равным $\gamma_2 = 40^\circ$.

При этом частота вращения валков $n_2 =$

$$n_1 \frac{D_1 d_2 \cos \gamma_1}{D_2 d_1 \cos \gamma_2} = 60 \frac{137 \cdot 33 \cdot 0,9848}{100 \cdot 53 \cdot 0,766} = 65,8 \text{ мин}^{-1}$$

Частота вращения заготовки
 $n_{31} = \frac{D_1}{d_1} n_1 \tau_1 \cos \gamma_1 = \frac{137}{53} \cdot 60 \cdot 1 \cdot 0,9848 = 152,7$ мин⁻¹

$$n_{32} = \frac{100}{33} \cdot 65,8 \cdot 1 \cdot 0,766 = 152,7$$

мин⁻¹ откуда $n_{31} = n_{32}$.

В результате прокатки получена полая (трубная) заготовка с качественной поверхностью, при этом процесс деформации происходил устойчиво.

Предложенный способ непрерывной поперечно-винтовой прокатки позволяет увеличить вытяжку металла за проход, обеспечить стабильность процесса прокатки и повысить качество проката путем исключения его скручивания между очагами деформации двух смежных клеток винтовой прокатки.

Формула изобретения:

СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОЙ ПОПЕРЕЧНО-ВИНТОВОЙ ПРОКАТКИ, включающий прокатку с вращением заготовки в последовательно расположенных комплектах рабочих валков, установленных друг от друга на расстоянии не менее длины валков и развернутых на углы подачи и

раскатки, отличающийся тем, что, с целью обеспечения стабильности процесса прокатки и повышения качества проката путем исключения закручивания раската между комплектами валков, угол подачи последующего по ходу прокатки комплекта валков устанавливают больше предыдущего и определяют его по зависимости

$$\gamma_2 = \arctg \left[\left(1,01 - 1,05 \right)^{\frac{d_1^2 (d_1^2 - d_{1вн}^2)}{d_2^2 (d_2^2 - d_{2вн}^2)}} \right] \cdot \gamma_1$$

γ_1],

где γ_1 , γ_2 - углы подачи валков предыдущего и последующего комплектов соответственно;

d_1 , d_2 - диаметры раската на выходе из валков смежных комплектов;

$d_{1вн}$, $d_{2вн}$ - внутренние диаметры трубной заготовки (для заготовки сплошного сечения $d_{1вн} = d_{2вн} = 0$).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

