



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **13169** (13) **U**
(51) МПК (2006)
B21B 1/00
B21B 1/26

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА АРМАТУРНОГО ПРОКАТУ НА БЕЗПЕРЕРВНИХ ДРІБНОСОРТНИХ СТАНАХ

1

2

(21) u200509275

(22) 03.10.2005

(24) 15.03.2006

(46) 15.03.2006, Бюл. № 3, 2006 р.

(72) Сокурєнко Анатолій Валентинович, Шерємет Володимир Олександрович, Кекух Анатолій Володимирович, Курочкін Олександр Федорович, Тряпичкін Михайло Георгійович, Жучков Сергій Михайлович, Кулаков Леонід Васильович, Спіняков Віктор Костянтинівич, Лохматов Олександр Павлович, Паламар Дмитро Григорович, Корінь Андрій Олександрович, Теряєв Олександр Митрофанович, Білий Микола Павлович

(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "КРИВОРІЗЬКИЙ ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ "КРИВОРІЖСТАЛЬ"

(57) Спосіб виробництва арматурного прокату на безперервних дрібносортних станах, який включає нагрівання заготовок під прокатку в нагрівальній

печі, дворівнякову прокатку-розділення арматурного прокату на безперервному стані із заданими деформаційними і швидкісними параметрами та температурою кінця прокатки, який відрізняється тим, що нагрівання заготовок під прокатку здійснюють до температури, встановленої, виходячи із залежності:

$$T_0 = A \cdot F^2 + B \cdot F + C,$$

причому коефіцієнти А, В і С встановлюють, виходячи із залежностей:

$$A = -7,64 \cdot 10^{-2} + 1,22 \cdot 10^{-4} \cdot T_k - 3,76 \cdot 10^{-3} \cdot V_{\text{пр}}$$

$$B = 23,879 - 0,03528 \cdot T_k + 0,929 \cdot V_{\text{пр}}$$

$$C = -2634,57 + 4,541 \cdot T_k - 77,207 \cdot V_{\text{пр}},$$

де T_k - температура кінця прокатки, °С;

$V_{\text{пр}}$ - швидкість дворівнякової прокатки-розділення, м/с;

F - площа поперечного перерізу прокатуного арматурного профілю, мм².

Корисна модель відноситься до прокатного виробництва, а саме, до способів виробництва арматурного прокату на безперервних дрібносортних станах з використанням процесу дворівнякової прокатки-розділення.

Відомі способи виробництва прокату на безперервних дрібносортних станах, що включають нагрівання заготовок під прокатку в нагрівальній печі, прокатку-розділення арматурного прокату на безперервному стані із заданими деформаційними і швидкісними параметрами та температурою кінця прокатки [1].

Недоліком відомих способів є відсутність можливості керування температурою прокатки, яке не дозволяє знизити температуру кінця прокатки, що, в свою чергу не забезпечує відповідний комплекс механічних властивостей готового прокату, зокрема термічно і термомеханічно зміцненого. Однією

з можливостей керування температурою прокатки є регламентація нагріву заготовок під прокатку з урахуванням температури кінця прокатки і швидкості прокатки, які, багато в чому, визначають температурний режим прокатки на типовому безперервному дрібносортному стані. Висока температура нагріву під прокатку призводить до великих теплових втрат у процесі прокатки за рахунок теплообміну випромінюванням і конвективним теплообміну з навколишнім середовищем [2]. Особливості конструктивно-структурного складу основного технологічного устаткування типового безперервного дрібносортного стану (розташування робочих клітей і їхнє компонування) та високі швидкості прокатки обумовили специфічний характер зміни температури розкату, що прокатується, по довжині сучасних безперервних дрібносортних станів. У чорнових групах робочих клітей відбувається зни-

(13) **U**

(11) **13169**

(19) **UA**

ження температури прокатоного металу. При прокатці в чистових групах робочих клітей температура розкату зростає за рахунок деформаційного розігріву [3]. Тому, особливу роль здобуває регламентація температурного режиму безперервної сортової прокатки, що дозволяє, з одного боку, забезпечити необхідний комплекс механічних властивостей готового прокату, а, з іншого боку - знизити непродуктивні витрати енергії при забезпеченні заданої якості прокату. Особливо актуальний регламент температурного режиму прокатки при виробництві прокату з заданими показниками якості за рівнем механічних та технологічних властивостей, наприклад, при виробництві періодичного арматурного прокату.

Таким чином, відсутність регламентації нагріву заготовок під прокатку з урахуванням температури кінця прокатки і швидкості прокатки є суттєвим недоліком відомих способів.

За найближчий аналог прийнятий спосіб виробництва арматурного прокату на безперервних дрібносортих станах, який включає нагрівання заготовок під прокатку в нагрівальній печі, дворівнякову прокатку-розділення арматурного прокату на безперервному стані із заданими деформаційними і швидкісними параметрами та температурою кінця прокатки [4].

В останні роки для вирішення проблем інтенсифікації виробництва, зниження витрат енергетичних і матеріальних ресурсів, підвищення якості готової продукції у сортопркатному виробництві широке застосування одержав нетрадиційний процес - багаторівнякова, у тому числі, дворівнякова прокатки-розділення. За допомогою цього процесу найбільш ефективно без істотних капітальних витрат можуть бути знижені питомі витрати енергії; збільшені продуктивність прокатного стану, зменшені питомі витрати валків і витрати по переділу. Все це сприяє підвищенню рентабельності виробництва і конкурентоспроможності продукції.

Разом з цим, відсутність регламенту нагріву заготовок під прокатку в залежності від деформаційно-швидкісних параметрів дворівнякової прокатки-розділення і температури термомеханічної обробки прокату (температури кінця прокатки) знижує ефективність використання процесу прокатки-розділення, тому що не дозволяє забезпечити відповідний комплекс механічних властивостей арматурного прокату, зокрема термічно і термомеханічно зміцненого.

Таким чином, відсутність регламентації нагріву заготовок під прокатку-розділення з урахуванням температури кінця прокатки і швидкості прокатки-розділення є суттєвим недоліком відомого способу виробництва арматурного прокату на безперервному дрібносортих стані, який передбачає використання процесу прокатки-розділення.

Задача, яка розв'язується корисною моделлю, складається в розробці способу виробництва арматурного прокату на безперервному стані, з використанням процесу прокатки-розділення, що забезпечує необхідний комплекс механічних і технологічних властивостей термічно і термомеханічно зміцненого арматурного прокату, за рахунок регламентації нагріву заготовок під прокатку-розділення в залежності від деформаційно-

швидкісних параметрів прокатки і температури термомеханічної обробки прокату - температури кінця прокатки.

Технічний результат, одержаний в результаті рішення поставленої задачі, складається в підвищенні комплексу механічних і технологічних властивостей термічно і термомеханічно зміцненого арматурного прокату, виробленого на типовому безперервному дрібносортих стані з використанням процесу прокатки-розділення.

Рішення поставленої задачі забезпечується тим, що в способі виробництва арматурного прокату на безперервних дрібносортих станах, який включає нагрівання заготовок під прокатку в нагрівальній печі, дворівнякову прокатку-розділення арматурного прокату на безперервному стані із заданими деформаційними і швидкісними параметрами та температурою кінця прокатки, нагрівання заготовок під прокатку здійснюють до температури, встановленої виходячи із залежності

$$T_0 = A \cdot F^2 + B \cdot F + C,$$

причому коефіцієнти A, B, і C встановлюють виходячи з залежностей:

$$A = -7,64 \cdot 10^{-2} + 1,22 \cdot 10^{-4} \cdot T_k - 3,76 \cdot 10^{-3} \cdot V_{\text{пр}}$$

$$B = 23,879 - 0,03528 \cdot T_k + 0,929 \cdot V_{\text{пр}}$$

$$C = -2634,57 + 4,541 \cdot T_k - 77,207 \cdot V_{\text{пр}},$$

де T_k - температура кінця прокатки, °C;

$V_{\text{пр}}$ - швидкість дворівнякової прокатки-розділення, м/с;

F - площа поперечного перерізу прокатоного арматурного профілю, мм².

Порівняння з найближчим аналогом показує, що спосіб, який заявляється, відрізняється від відомого тим, що нагрівання заготовок під прокатку здійснюють до температури, встановленої виходячи з залежності:

$$T_0 = A \cdot F^2 + B \cdot F + C,$$

причому коефіцієнти A, B, і C встановлюють виходячи з залежностей:

$$A = -7,64 \cdot 10^{-2} + 1,22 \cdot 10^{-4} \cdot T_k - 3,76 \cdot 10^{-3} \cdot V_{\text{пр}}$$

$$B = 23,879 - 0,03528 \cdot T_k + 0,929 \cdot V_{\text{пр}}$$

$$C = -2634,57 + 4,541 \cdot T_k - 77,207 \cdot V_{\text{пр}},$$

де T_k - температура кінця прокатки, °C;

$V_{\text{пр}}$ - швидкість дворівнякової прокатки-розділення, м/с;

F - площа поперечного перерізу прокатоного арматурного профілю, мм².

Отже, спосіб, що заявляється, відповідає критерію "новизна".

Спосіб здійснюється таким чином.

Заготовку квадратного перерізу, призначену для прокатки деякого арматурного профілю з регламентованими (заданими) деформаційно-швидкісними умовами та заданою температурою кінця прокатки, нагрівають у нагрівальній печі. Нагріву до температури прокатки T_0 заготовку прокатують з використанням процесу прокатки-розділення у лінії безперервного дрібносортих стану із заданою швидкістю кінця прокатки $V_{\text{пр}}$ і деформаційними параметрами прокатки, обумовленими таблицею калібрування, до одержання арматурного прокату необхідного профілю. Від звичайного процесу прокатки процес дворівнякової прокатки-розділення відрізняється наявністю таких операцій як підготовка розкату до розділення шляхом формування розкату фігурного перерізу у ви-

гляді двох профілів, з'єднаних перемичкою, і позовжне розділення розкату в лінії безперервного стану. В результаті на виході зі стану одержують водночас два арматурних профілі. Арматурні профілі одержують із заданою температурою кінця прокатки T_k .

Регламентация температури кінця прокатки T_k необхідна для здійснення наступної термомеханічної обробки прокату з прокатного нагріву, з метою одержання необхідної структури і характеристик механічних властивостей готового прокату. Для одержання арматурного прокату з необхідною структурою і властивостями в умовах безперервного дрібносортового стану, де швидкісний режим прокатки в кожній клітці стану "жорстко" регламентований умовою сталості секундних об'ємів, регламентують нагрівання заготовки під прокатку з урахуванням швидкості прокатки та температури кінця прокатки. При цьому нагрівання заготовок під прокатку здійснюють до температури, встановленої виходячи з залежності:

$$T_0 = A \cdot F^2 + B \cdot F + C,$$

причому коефіцієнти A , B , і C встановлюють виходячи з залежностей:

$$A = -7,64 \cdot 10^{-2} + 1,22 \cdot 10^{-4} \cdot T_k - 3,76 \cdot 10^{-3} \cdot V_{пр}$$

$$B = 23,879 - 0,03528 \cdot T_k + 0,929 \cdot V_{пр}$$

$$C = -2634,57 + 4,541 \cdot T_k - 77,207 \cdot V_{пр},$$

де T_k - температура кінця прокатки, °C;

$V_{пр}$ - швидкість дворівчачової прокатки-розділення, м/с;

F - площа поперечного перерізу прокатаного арматурного профілю, мм².

Залежність, що заявляється, отримана в результаті аналітичних та експериментальних досліджень, виконаних в Інституті чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України і на безперервному дрібносортовому стані 250 ВАТ КГМК "Криворіжсталь".

У процесі проведення досліджень по визначенню умов реалізації способу температура нагріву заготовок під прокатку T_0 варіювалася у межах 900-1250°C, швидкість прокатки-розділення $V_{пр}$ у межах 8-16 м/с і температура кінця прокатки T_k у межах 900-1050°C для арматурних профілів із площею поперечного перерізу від 51 до 116 мм². Деформаційні умови дворівчачової прокатки-розділення, відповідали таблиці калібрування. Це дало можливість за допомогою статистичної обробки встановити вплив технологічних параметрів, які варіювалися, на температуру нагріву під дворівчачову прокатку-розділення.

На підставі статистичної обробки результатів експериментів одержали залежність температури початку прокатки T_0 , як функцію швидкості дворівчачової прокатки-розділення $V_{пр}$, температури кінця прокатки T_k і площі поперечного перерізу F прокатаного арматурного профілю у вигляді $T_0 = \varphi(V_{пр}, T_k, F)$, яка визначає параметри способу виробництва арматурного прокату на безперервних дрібносортових станах, що заявляється.

Емпіричний характер залежності температури нагріву заготовок під прокатку T_0 , що заявляється, проте, не обмежує умови її практичного застосування. Діапазон досліджень охоплює практичні умови реалізації дворівчачової прокатки-розділення на типових безперервних дрібносор-

них станах. Це дозволяє використовувати запропонований спосіб виробництва арматурного прокату на різних безперервних станах, причому особливо ефективно його використання при освоєнні з використанням процесу дворівчачової прокатки-розділення нових профілерозмірів сортаменту таких станів, а також при реконструкції станів, що передбачає, наприклад, зміну температури нагрівання заготовок під прокатку і швидкості прокатки. Зазначені обставини забезпечують заявленому технічному рішенню відповідність критерію "промислова застосовуємість".

Спосіб, що заявляється, був випробуваний на безперервному дрібносортовому стані 250. Виробництво арматурних профілів в умовах вказаного безперервного дрібносортового стану здійснюється з використанням процесу дворівчачової прокатки-розділення із позовжним розділенням розкату в потоці стану. При випробуванні способу виробляли термомеханічно зміцненний з прокатного нагріву арматурний прокат №12 класу А400 зі сталі ЗТРпс. В якості вихідної заготовки для виробництва прокату усього розмірного і марочного сортаменту на стані такого типу використовується заготовка перерізом 80×80 мм² і довжиною 12 м. Деформаційні умови дворівчачової прокатки-розділення арматурного профілю №12 характеризуються коефіцієнтом сумарної витяжки $\mu_{\Sigma} = 27,59$.

Особливості конструктивно-структурного складу основного технологічного устаткування типового безперервного двохниткового дрібносортового стану 250: двохниткова чорнова група - сім горизонтальних клітей з діаметром робочих валків 400-360 мм і дві одониткові чистові групи - по вісім вертикальних і горизонтальних клітей, що чередуються, із діаметром робочих валків 330-295 мм.

Умови реалізації способу, що заявляється, на типовому дрібносортовому стані 250 ілюструються номограмою, представленою на Фіг.1. Тут показана залежність температури нагріву заготовок під прокатку T_0 , яка визначає умови реалізації способу як функції швидкості прокатки $V_{пр}$ і температури кінця прокатки T_k , при виробництві термомеханічно зміцненого арматурного прокату №12 на типовому дрібносортовому стані 250 з використанням процесу дворівчачової прокатки-розділення. Вказана залежність побудована згідно з виразом:

$$T_0 = A \cdot F^2 + B \cdot F + C,$$

причому коефіцієнти A , B , і C встановлюють виходячи з залежностей:

$$A = -7,64 \cdot 10^{-2} + 1,22 \cdot 10^{-4} \cdot T_k - 3,76 \cdot 10^{-3} \cdot V_{пр}$$

$$B = 23,879 - 0,03528 \cdot T_k + 0,929 \cdot V_{пр}$$

$$C = -2634,57 + 4,541 \cdot T_k - 77,207 \cdot V_{пр},$$

де T_k - температура кінця прокатки, °C;

$V_{пр}$ - швидкість дворівчачової прокатки-розділення, м/с;

F - площа поперечного перерізу прокатаного арматурного профілю, мм².

В якості прикладу наведено розрахунок температури нагріву вихідної заготовки під дворівчачову прокатку-розділення арматурного профілю №12 в умовах вказаного безперервного дрібносортового стану 250.

Арматурний профіль №12, згідно з ДСТУ 3760-98, має номінальну площу поперечного перерізу $F_{ном} = 113,0 \text{ мм}^2$; теоретична маса погонного метру

профілю складає 0,868кг; допустимі відхилення в межах $\pm 5\%$.

Виконуємо розрахунок теоретичної маси погонного метра профілю згідно з допустимими відхиленнями:

5% від маси погонного метра профілю складають:

$$m_{5\%} = \frac{0,868 \cdot 5}{100} = 0,043;$$

Маса погонного метра профілю з урахуванням мінусового допустимого відхилення (-5%) складає:

$$m_{\#12}^- = 0,868 - 0,043 = 0,825;$$

Маса погонного метра профілю з урахуванням плюсового допустимого відхилення ($+5\%$) складає:

$$m_{\#12}^+ = 0,868 + 0,043 = 0,911;$$

Рівняння для розрахунку площі поперечного перерізу профілю приймає вигляд:

$$F = \frac{F_{\text{ном}} \cdot m^{\pm}}{m};$$

Площа поперечного перерізу профілю з урахуванням мінусового допустимого відхилення (-5%) складає:

$$F_{\text{min}} = \frac{113 \cdot 0,825}{0,868} = 107,4;$$

Площа поперечного перерізу профілю з урахуванням плюсового допустимого відхилення ($+5\%$) складає:

$$F_{\text{min}} = \frac{113 \cdot 0,911}{0,868} = 118,6;$$

Використовуючи залежність, що заявляється, виконуємо розрахунок температури нагріву вихідних заготовок для дворівнякової прокатки-розділення арматурного профілю №12 з номінальною площею поперечного перерізу та з урахуванням допустимих відхилень:

$$T_0 = A \cdot F^2 + B \cdot F + C,$$

причому коефіцієнти А, В, і С встановлюють виходячи з залежностей:

$$A = -7,64 \cdot 10^{-2} + 1,22 \cdot 10^{-4} \cdot T_k - 3,76 \cdot 10^{-3} \cdot V_{\text{пр}}$$

$$B = 23,879 - 0,03528 \cdot T_k + 0,929 \cdot V_{\text{пр}}$$

$$C = -2634,57 + 4,541 \cdot T_k - 77,207 \cdot V_{\text{пр}},$$

де T_k - температура кінця прокатки, $^{\circ}\text{C}$;

$V_{\text{пр}}$ - швидкість дворівнякової прокатки-розділення, м/с;

F - площа поперечного перерізу прокатаного арматурного профілю, мм^2 .

Згідно із статистичними даними швидкість прокатки арматурного профілю №12 складає 9,7м/с, температура кінця прокатки складає 1040°C .

Коефіцієнти А, В та С за цих умов дорівнюватимуть:

$$A = -7,64 \cdot 10^{-2} + 1,22 \cdot 10^{-4} \cdot 1040 - 3,76 \cdot 10^{-3} \cdot 9,7 = -0,014$$

$$B = 23,879 - 0,03528 \cdot 1040 + 0,929 \cdot 9,7 = -3,8$$

$$C = -2634,57 + 4,541 \cdot 1040 - 77,207 \cdot 9,7 = 1339,2,$$

Температура нагріву вихідної заготовки для прокатки арматурного профілю №12 з мінімальною площею поперечного перерізу ($F=107,4\text{мм}^2$) складає

$$T_0 = 0,014 \cdot 107,4^2 - 3,8 \cdot 107,4 + 1339,2 = 1092^{\circ}\text{C}$$

Температура нагріву вихідної заготовки для прокатки арматурного профілю №12 з номіналь-

ною площею поперечного перерізу ($F=113\text{мм}^2$) складає:

$$T_0 = 0,014 \cdot 113^2 - 3,8 \cdot 113 + 1339,2 = 1088^{\circ}\text{C}$$

Температура нагріву вихідної заготовки для прокатки арматурного профілю №12 з максимальною площею поперечного перерізу ($F=118,6\text{мм}^2$) складає:

$$T_0 = 0,014 \cdot 118,6^2 - 3,8 \cdot 118,6 + 1339,2 = 1085^{\circ}\text{C}$$

Таким чином температура нагріву під прокатку T_0 при виробництві арматурного прокату №12 з використанням процесу дворівнякової прокатки-розділення та з урахуванням допустимих відхилень маси погонного метра в межах $\pm 5\%$ складає $1085-1092^{\circ}\text{C}$.

Дотримання зазначеного регламенту нагріву вихідних заготовок під прокатку на стані 250 дозволить забезпечити необхідний комплекс механічних і технологічних властивостей арматурного прокату, одержаного з використанням процесу дворівнякової прокатки-розділення, термічне і термомеханічне зміцненого з прокатного нагріву, за рахунок забезпечення заданої температури термомеханічної обробки прокату - температури кінця прокатки - з урахуванням деформаційно-швидкісних параметрів дворівнякової прокатки-розділення.

Крім того, власне властивості цього прокату також не будуть забезпечені через підвищену температуру термомеханічної обробки прокату - температуру кінця прокатки. У випадку зменшення температури нагріву під прокатку, що також є недотриманням зазначеного регламенту, не буде забезпечено заданий комплекс властивостей арматурного прокату через знижену температуру термомеханічної обробки прокату - температуру кінця прокатки.

Таким чином, реалізація запропонованого способу без яких-небудь капітальних витрат і ускладнення технологічного процесу, тобто з мінімальними технологічними заходами, забезпечить необхідний комплекс властивостей термічно і термомеханічно зміцненого з прокатного нагріву арматурного прокату, виробленого на типовому безперервному дрібносортному стані із застосуванням процесу дворівнякової прокатки-розділення за рахунок регламентації нагріву заготовок під прокатку в залежності від деформаційно-швидкісних параметрів прокатки, температури термомеханічної обробки прокату (температури кінця прокатки) і площі поперечного перерізу профілю, що прокатується.

Джерела інформації, прийняті до уваги при складанні заявки.

1. Грудев А.П., Машкин Л.Ф., Ханін М.И. Технология прокатного производства. М.: Металлургия. - 1994, 656с, С.229-236.

2. Жучков С.М., Лохматов А.П., Кулаков Л.В. Изменение температуры раската на непрерывном мелкосортном стане / Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сборник научных трудов. ИЧМ ПАН Украины, Выпуск 4, Киев, "Наукова думка", 2001, С.117-121.

3. Жучков С.М., Кулаков Л.В., Лохматов А.П. Исследование влияния технологических факторов на температурный режим прокатки на непрерывном мелкосортном стане / Фундаментальные и

прикладные проблемы черной металлургии. Сборник научных трудов. ИЧМ НАН Украины Выпуск 4 Киев "Наукова думка", 2001, С.121-128.

4. Теория и практика процесса многоручьевого прокатки-разделения. / Г.М.Шульгин, О.В.Дубина,

В.Ф.Губайдулин и др.// Под научной редакцией Ю.В. Коновалова. - Севастополь: "Вебер". - 2003. - 622с., С.556-559 – ближайший аналог.

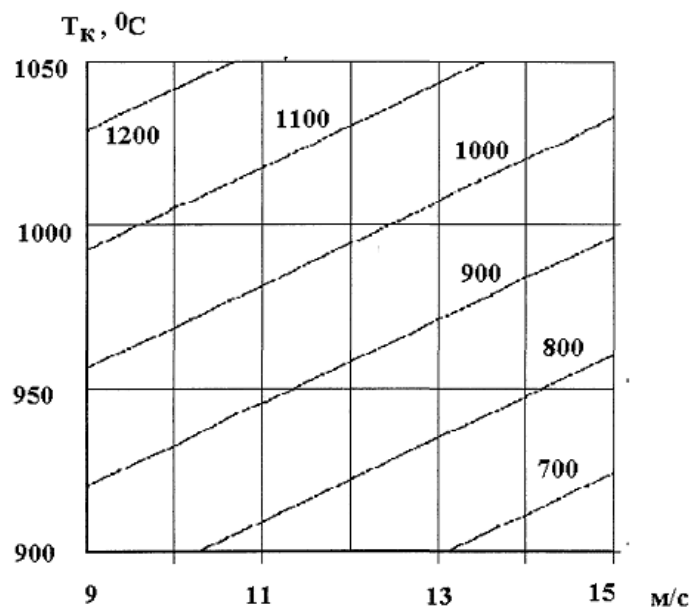


Fig. 1