



УКРАЇНА

(19) UA (11) 97294 (13) C2

(51) МПК

B21B 1/26 (2006.01)

C21D 8/02 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ГАРЯЧОЇ ПРОКАТКИ НАДТОНКИХ ШТАБ З ІF-СТАЛЕЙ НА БЕЗПЕРЕРВНИХ ШИРОКОШТАБОВИХ СТАНАХ

1

(21) а201003980

(22) 06.04.2010

(24) 25.01.2012

(46) 25.01.2012, Бюл.№ 2, 2012 р.

(72) ІВАНЧЕНКО ВІТАЛІЙ ГЕОРГІЙОВИЧ, КУЦОВА
ВАЛЕНТИНА ЗІНОВІЙВНА, СЕРГІЄНКО ОЛЕКСІЙ
ОЛЕКСАНДРОВИЧ, КУЗЬМИЧОВ ВЯЧЕСЛАВ МИ-
ХАЙЛОВИЧ, КОТОВА ТЕТЯНА ВОЛОДИМИРІВНА,
ГУСНКО МИКИТА ІГОРЕВИЧ(73) ІНСТИТУТ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ ІМ. З.І. НЕ-
КРАСОВА НАН УКРАЇНИ, НАЦІОНАЛЬНА
МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ

(56) RU 2361006 C2; 10.07.2009

RU 2174054 C2; 27.09.2001

WO 9726377 A1; 24.07.1997

EP 0524162 A2; 20.01.1993

FERRITIC HOT ROLLING AND THE POTENTIAL
FOR HOT ROLLED AND COLD ROLLED PROD-
UCTS J.C. HERMAN V. LEROY CRM Rue
E.Solvay, 11 LIEGE BELGIUM, p. 1-11.(57) Спосіб гарячої прокатки надтонких штаб з ІF-
сталей на безперервному широкоштабовому стані
(БШС), який включає нагрів слябів у методичних

2

печах до температури однофазного аустенітного стану металу, прокатку розкатів у чорновій групі клітей БШС в зоні температур однофазного аустенітного стану металу, охолодження розкатів до верхньої температурної границі феритного стану металу та остаточну прокатку надтонких штаб в чистовій групі клітей БШС в зоні однофазного феритного стану металу, який **відрізняється** тим, що температуру верхньої границі зони однофазного феритного стану металу визначають з виразу:

$$T_{в.гр.} = 116600 \cdot C^2 - 10840 \cdot C + 91198,$$

а температуру нижньої границі визначають з виразу:

$$T_{н.гр.} = -796400 \cdot C^2 + 35400 \cdot C + 31457,$$

де $T_{в.гр.}$ - температура верхньої границі зони однофазного феритного стану металу, °C,

$T_{н.гр.}$ - температура нижньої границі зони однофазного феритного стану металу, °C,

C - кількість вуглецю в хімічному складі ІF-сталі, %.

Винахід належить до галузі чорної металургії, зокрема до прокатного виробництва та може бути використаний на безперервних широкоштабових станах (БШС) при гарячій прокатці надтонких штаб (товщиною менш 2мм) з ІF-сталей з кількістю вуглецю менше 0,02 %, вимоги до яких регламентуються ДСТ 16523.

Відомі способи гарячої прокатки надтонких штаб з ІF-сталей на БШС [1...7], що включають нагрів слябів у методичних печах до температур однофазного аустенітного стану металу (1300...1350 °C), прокатку розкатів у чорновій групі клітей БШС в зоні температур однофазного аустенітного стану металу, як видно із креслення, зона А [8, 9], охолодження розкатів на проміжному рольгангу БШС до температури однофазного феритного стану металу (див. кресл., зона Ф) і остаточну прокатку штаб до необхідної кінцевої товщини в

зоні температур однофазного феритного стану металу (див. кресл., зона Ф).

Недоліками відомих способів є наступні:

1. У жодному зі способів [1...7] не встановлені критерії, що чітко визначають температурні границі зони однофазного феритного стану металу, які залежно від кількості вуглецю в хімічному складі ІF-сталі, можуть відрізнятися досить помітно.

2. Відсутні точні експрес методи визначення верхньої та нижньої температурних границь прокатки особливо тонких штаб у феритній зоні залежно від кількості вуглецю в хімічному складі ІF-сталей.

3. Помилка у визначенні температур початку та закінчення прокатки в зоні однофазного феритного стану металу приводить до утворення в надтонких штабах несприятливої різнозернистої структури.

(13) C2

(11) 97294

(19) UA

За прототип прийнято відомий спосіб гарячої прокатки на БШС надтонких штаб з IF-сталей [1], який включає нагрів слябів до температур однофазного аустенітного стану металу, прокатку розкатів у чорновій групі клітей БШС в зоні температур однофазного аустенітного стану металу, охолодження розкатів на проміжному рольгангу БШС до температури однофазного феритного стану металу та остаточну прокатку надтонких штаб до необхідної кінцевої товщини в чистовій групі клітей БШС в зоні температур однофазного феритного стану металу.

Недоліками відомого способу, прийнятого за прототип, є наступні:

1. У прототипі не встановлені критерії, що чітко визначають температурні границі зони однофазного феритного стану металу, які залежно від кількості вуглецю в хімічному складі IF-сталі можуть відрізнятися досить помітно.

2. Відсутні точні експрес методи визначення верхньої та нижньої температурних границь прокатки надтонких штаб у феритній зоні залежно від кількості вуглецю в хімічному складі IF-сталей.

3. Помилка у визначенні температур початку та закінчення прокатки в зоні однофазного феритного стану металу приводить до утворення в надтонких штабах несприятливої різнозернистої структури.

Задача, розв'язувана запропонованим винаходом, полягає у тому, щоб гарантувати гарячу прокатку надтонких штаб з IF-сталей в зоні температур однофазного феритного стану металу та забезпечити одержання в готовому прокаті необхідної за ДСТ 16523 мікроструктури з рівномірним за розміром зерном.

Поставлена задача розв'язується шляхом визначення верхньої та нижньої температурних границь прокатки у феритній зоні надтонких штаб з IF-сталей залежно від кількості вуглецю в їхньому хімічному складі.

Верхня температурна границя (в°С) прокатки у феритній зоні визначається за формулою:

$$T_{\text{в.гр.}} = 116600 \cdot C^2 - 10840 \cdot C + 91198.$$

Нижня температурна границя (в°С) прокатки у феритній зоні визначається за формулою:

$$T_{\text{н.гр.}} = -796400 \cdot C^2 + 35400 \cdot C + 314,57$$

де С - кількість вуглецю в хімічному складі IF сталі, в %.

Технічний результат використання винаходу - забезпечення необхідних умов для прокатки у феритній зоні, що гарантують одержання надтонких гарячекатаних штаб з IF-сталей з регламентованою

мікроструктурою відповідно до вимог ДСТ 16523 для листового прокату вищих категорій якості.

Порівняння способу, що заявляється, із прототипом показує, що спосіб, що заявляється, відрізняється тим, що зона температур прокатки у феритній зоні для надтонких штаб з IF-сталей з високим ступенем точності визначається за рівняннями:

для верхньої температурної границі, в°С

$$T_{\text{в.гр.}} = 116600 \cdot C^2 - 10840 \cdot C + 91198;$$

для нижньої температурної границі, в°С

$$T_{\text{н.гр.}} = -796400 \cdot C^2 + 35400 \cdot C + 314,57,$$

де С - кількість вуглецю в хімічному складі IF сталі, в %.

Отже, спосіб гарячої прокатки надтонких штаб з IF-сталей на безперервних широкоштабових станах, що заявляється, відповідає критерієві "новизна".

Порівняння способу, що заявляється, з іншими, відомими в даній галузі, технічними рішеннями не дозволяє виявити в них ознаки, що відрізняють рішення, що заявляється, від прототипу. Отже має місце відповідність критерієві "винахідницький рівень".

Суть способу, що заявляється, полягає в наступному.

Під час прокатки штаб в зоні температур двофазного аустенітно-феритного або феритно-перлітного стану металу (див. кресл., зони А+Ф та Ф+П) внаслідок різних швидкостей рекристалізації (росту) деформованих зерен окремих структурних складових (аустеніту, фериту та перліту) кінцева структура металу прокатаних надтонких штаб характеризується несприятливою різнозернистістю.

Визначаючи верхню температурну границю зони однофазного феритного стану металу можна з достатнім ступенем точності забезпечити початок прокатки надтонких штаб у чистовій групі клітей БШС в зоні температур однофазного феритного стану, що є однією з обов'язкових умов гарантії одержання кінцевої структури металу з рівномірним по розміру зерном фериту та одночасно виключити можливість прокатки в чистовій групі в зоні температур двофазного аустенітно-феритного стану та запобігти утворенню в металі несприятливої різнозернистої структури.

$$\text{Вираз } T_{\text{в.гр.}}(^{\circ}\text{C}) = 116600 \cdot C^2 - 10840 \cdot C + 91198$$

одержали, виходячи з таких даних, отриманих експериментальним шляхом:

С, %	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025
$T_{\text{в.гр.}}(^{\circ}\text{C})$	900	890	880	870	865	815	775	740	715

клітей БШС в зоні температур однофазної феритної структури, що також є однією з обов'язкових умов гарантії одержання кінцевої структури металу з рівномірним за розміром зерном фериту, і одночасно виключити можливість закінчення прокатки в чистовій групі в зоні температур двофазного феритно-перлітного стану та запобігти утворенню в металі несприятливої різнозернистої структури.

Вираз $T_{н.гр.} = -796400 \cdot C^2 + 35400 \cdot C + 314,57$ одержали, виходячи з таких даних, отриманих експериментальним шляхом:

C, %	0,001	0,002	0,003	0,004
$T_{н.гр.} (^\circ\text{C})$	320	380	430	460

Для нижньої температурної границі феритного стану металу коефіцієнт збіжності між теоретичними та експериментальними даними також досить високий і становить $R^2=0,9877$.

Таким чином, спосіб, що заявляється, з достатнім ступенем точності дозволяє визначити температурні границі зони феритного стану металу з IF-сталі та здійснити прокатку надтонких штаб у чистовій групі клітей БШС у феритній зоні, що гарантує одержання в металі необхідної за ДСТ 16523 для вищих категорій якості структури з рівномірним за розміром зерном.

Спосіб гарячої прокатки надтонких штаб з IF-сталей на БШС, що заявляється, включає нагрів слябів у методичних печах до температури однофазного аустенітного стану металу, прокатку розкатів у чорновій групі клітей БШС в зоні температур однофазного аустенітного стану металу, охолодження розкатів до верхньої температурної границі феритного стану металу та остаточну прокатку штаб в чистовій групі клітей БШС в зоні однофазного феритного стану металу, причому верхню та нижню температурні границі зони однофазного феритного стану металу визначають за рівняннями:

верхня температурна границя, в $^\circ\text{C}$

$$T_{в.гр.} = 116600 \cdot C^2 - 10840 \cdot C + 91198;$$

нижня температурна границя, в $^\circ\text{C}$

$$T_{н.гр.} = -796400 \cdot C^2 + 35400 \cdot C + 314,57,$$

де C - кількість вуглецю в хімічному складі IF-сталі, в %.

Конкретний приклад здійснення заявленого способу гарячої прокатки на БШС надтонкої штаби з IF-сталі марки 01ЮА такого хімічного складу (в %): C=0,002; Mn=0,12; Si=0,01; P=0,006; S=0,011; Cr=0,01; Ni=0,01; Cu=0,02; Al=0,05.

Гарячу прокатку надтонкої штаби зі сталі 01ЮА здійснювали за наступною технологічною схемою.

Перед прокаткою сляб зі сталі марки 01ЮА нагріли в методичній печі до температури 1300°C - температури однофазного аустенітного стану металу. Після нагріву сляб у чорновій групі клітей БШС прокатили в розкат у діапазоні температур однофазного аустенітного стану металу (див. кресл., зона А).

В залежності від кількості вуглецю в хімічному складі IF-сталі марки 01ЮА (0,002 %) визначили температури верхньої та нижньої границь зони феритного стану металу, розраховуючи їх за рівняннями.

Верхня температурна границя

$$T_{в.гр.} = 116600 \cdot (0,002)^2 - 10840 \cdot 0,002 + 91198 = 891^\circ\text{C}.$$

Для верхньої температурної границі коефіцієнт збіжності між теоретичними та експериментальними даними $R^2=0,9993$.

периментальним шляхом:

0,005	0,010	0,015	0,020	0,025
480	595	655	690	715

Нижня температурна границя

$$T_{н.гр.} = -796400 \cdot (0,002)^2 + 35400 \cdot 0,002 + 314,57 = 382^\circ\text{C}.$$

Для нижньої температурної границі коефіцієнт збіжності між теоретичними та експериментальними даними $R^2=0,9877$.

Значення коефіцієнтів збіжності вказують на те, що представлені рівняння мають достатню точність і можуть бути використані для практичного застосування при визначенні температурних границь прокатки надтонких штаб з IF-сталей у феритній зоні.

Прокатаний у чорновій групі клітей розкат на проміжному рольгангу БШС охолоджували до отриманої розрахунками температури верхньої границі зони однофазного феритного стану металу - 891°C . В зоні температур двофазного аустенітно-феритного стану прокатка металу не проводилась.

У розрахункових верхній (891°C) та нижньої (382°C) температурних границях області однофазного феритного стану металу в чистовій групі клітей БШС зробили подальшу та остаточну прокатку надтонкої штаби до необхідної кінцевої товщини.

Дослідження мікроструктури металу надтонкої штаби з IF-сталі після прокатки показали, що вона складається з однорідних за розміром зерен фериту 7...8 номерів зернистості, що цілком відповідає вимогам ДСТ 16523 для листового прокату вищих категорій якості.

З вищевикладеного випливає, що з використанням способу гарячої прокатки надтонких штаб з IF-сталей на безперервних широкоштабових станах, що заявляється, вирішується поставлене завдання винаходу та досягається очікуваний технічний результат.

Джерела інформації:

1. Parks W.H., Haggerty C.R., Roch T. R. / Ferritic rolling of interstitial-free steel (Ферритная прокатка сталей IF) // Iron and Steel Eng. 1978.-74, №10. - С.35-36.

2. Ефименко С.П., Тарасевич Ю.Ф. / Перспективы производства особотонкого горячекатаного листа // Металлург.-2000. - №4. - С.37-40.

3. Дегнер М., Мюллер У. 7-я Международная конференция по прокатному производству - технические разработки в производстве горячекатаной полосы // Черные металлы.-1999. - Август. - С.11-18.

4. Corns opens IJ muiden thin slab plant // Steel Times.-2000.-228. - №5. - Cble thin hot strips (Ферритная прокатка для производства тонких горячекатаных полос для глубокой вытяжки) // Steel Res. 2000. - №6, 7. - С.233-238.

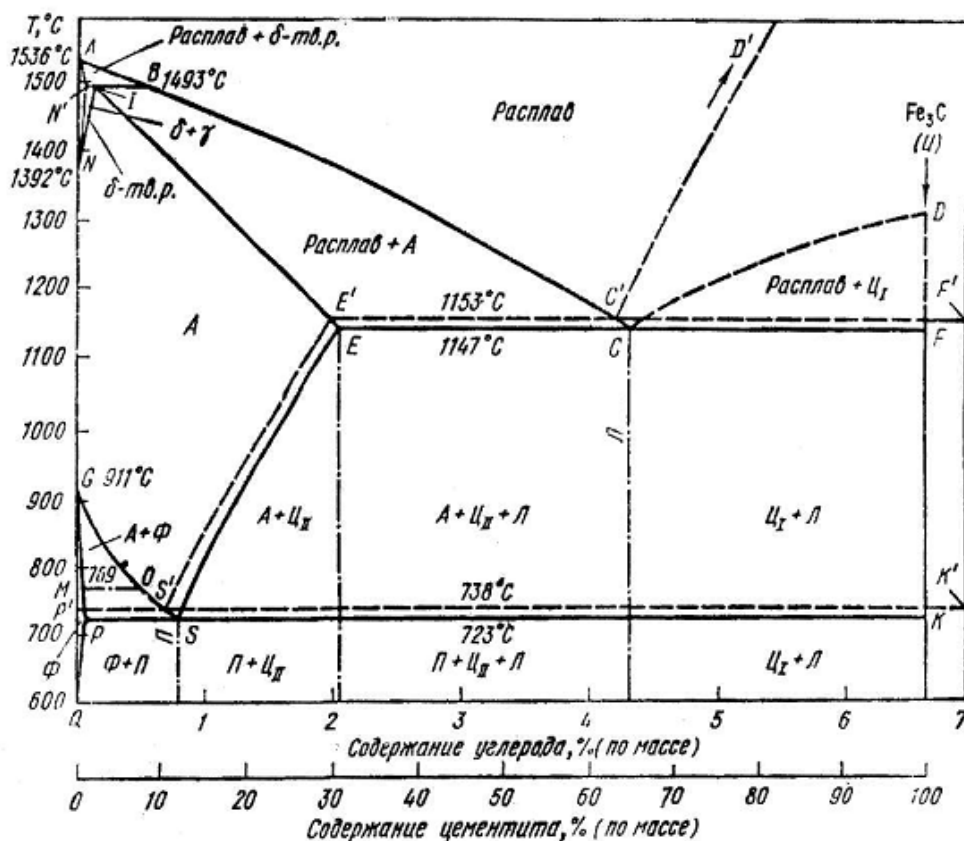
6. Entwicklungen bei der warmumformung im Ferritgebiet. (Совершенствование горячей ферритной прокатки) / Degner M., Mauk P., Palkowski H.,

Schmitz H. // Stahl und Eisen. 2002.-122. - №4. - С.59-62.

7. Now hot rolling technology for thin strip rolling in the Corns Direct Sheet Plant (Новая технология прямой горячей прокатки полос на фирме Corns). / Groot J., Siercvoel L., Comelissen M. and // METEC Congress'03:3 European Rolling Conference, Düsseldorf, 16...20 June-2003: Proceedings.

8. Йех Я. Термическая обработка стали. Справочник. 3-е изд. Пер. с чешск. - М.: Металлургия, 1979.-264с.

9. Циммерман Р., Гунтер К. Металлургия и материаловедение. Справочник. Пер. с нем. - М.: Металлургия, 1982.-480 с.



Діаграма стану залізо-вуглець (ДЗВ) [8,9]:

Тв.р. – твердий розчин; А – аустеніт (γ-твердий розчин); Ц – цементит;
П – перліт; Л – ледебурит; Ц_I – первинний цементит; Ц_{II} – вторинний
цементит; Ф – ферит (α-твердий розчин)