



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **112150** (13) **C2**  
(51) МПК (2016.01)**C22C 38/00****C22C 38/12** (2006.01)**C22C 38/16** (2006.01)**B22D 11/06** (2006.01)**B21B 1/26** (2006.01)**B21B 1/24** (2006.01)**B21B 1/46** (2006.01)**B21B 37/34** (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>а 2011 14236</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Арт Грегор (АТ),</b> <b>Бернхард Крістіан (АТ),</b> <b>Еккерсторфер Геральд (АТ),</b> <b>Хоенбіхлер Геральд (АТ),</b> <b>Лінцер Бернд (АТ)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>01.12.2011</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>ПРАЙМЕТАЛЗ ТЕКНОЛОДЖІЗ ГМБХ,</b> Turmstrasse 44, A-4031 Linz, Austria (АТ)
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>10.08.2016</b>	<b>(74)</b> Представник: <b>Пахаренко Антоніна Павлівна, реєстр. №4</b>
<b>(31)</b> Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: <b>EP 10193403</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 20 339 А, 27.02.1998 UA 57 797 C2, 15.07.2003 RU 2 212 468 C1, 20.09.2003 RU 2 212 469 C1, 20.09.2003 RU 2 335 568 C2, 10.10.2008 WO 2004/026497 A1, 01.04.2004 DE 100 25 080 A1, 17.05.2001 JP 2009-280902 A, 03.12.2009 US 2005/0199319 A1, 15.09.2005 Arvedi G. Achievements of ISP steelmaking technology//Ironmaking and Steelmaking. Bd. 37, Nr. 4, 2010.05.01.- P. 251-256 Arvedi G. et al. Arvedi ESP first thin slab endless casting and rolling results// Ironmaking and Steelmaking. Bd. 37, Nr. 4, 2010.05.01. P. 271-275
<b>(32)</b> Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: <b>02.12.2010</b>	
<b>(33)</b> Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: <b>EP</b>	
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку: <b>11.06.2012, Бюл.№ 11</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.08.2016, Бюл.№ 15</b>	

**(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ВИРОБУ З ВИСОКОМІЦНОЇ, НИЗЬКОЛЕГОВАНОЇ СТАЛІ****(57) Реферат:**

Винахід належить до способу одержання високоміцної, низьколегованої сталі з додаванням міді. Для зменшення утворення другого мінімуму в'язкості сталі передбачено, що вміст міді в сталі встановлюють в діапазоні від 0,15 мас. % до 0,35 мас. % і додатково вводять ніобій у кількості менше 0,055 мас. %, переважно менше 0,045 мас. %, особливо переважно менше 0,03 мас. %, а потім в установці для безперервного розливання або установці для формування смуги розливають і кристалізують у формі штранга або смуги з максимальною товщиною 130

UA 112150 C2

мм, причому швидкість лиття складає щонайменше 4,5 м/хв, переважно щонайменше 5 м/хв і зрештою штранг або смугу розвальцьовують за допомогою безперервного або напівбезперервного вальцювання через менше ніж 5,8 хв, переважно менше ніж 4,5 хв до бажаної кінцевої товщини і що після вальцювання до бажаної товщини здійснюють охолодження зі швидкістю 15-90 C/с, переважно 25-60 C/с, до температури нижче 650 °C, переважно нижче 600 °C.

Винахід стосується способу одержання високоміцної, низьколегованої сталі з додаванням міді.

Високоміцну, низьколеговану сталь завдяки своєму англійському маркуванню „high-strength low-alloy steel” (високоміцна низьколегована сталь) також позначають як HSLA-сталь. HSLA-сталь пропонує кращі механічні параметри і властивості для обробки, ніж легована вуглецем сталь такої самої міцності. HSLA-сталь має вміст вуглецю 0,05-0,25 масових відсотків і містить до 2 масових відсотків марганцю і незначні частки інших легуючих елементів, таких як мідь, нікель, ніобій, азот, ванадій, хром, молібден, титан, кальцій, рідкоземельні елементи або цирконій. Міцність на розтяг перебуває в діапазоні 250-590 МПа і може доходити навіть до 700 МПа.

Легуючі елементи ніобій, титан і ванадій є необхідними для певного виду міцності сталі, однак не зважаючи на свою незначну (і відповідно до сорту сталі різну) частку, вони складають велику частину вартості сталі. Тому були і є спроби зменшити застосування цих легуючих елементів.

В публікації WO 2004/026497 A1 представлено спосіб одержання сталльної смуги, за допомогою якого одержують штранг і продовжують обробляти за допомогою безперервного вальцювання на обтискному прокатному стані і прокатному стані для чистового вальцювання, причому після прокатного стану для чистового вальцювання не відбувається точніше визначеного охолодження.

Вже також відомо, що для зменшення вмісту дорогих легуючих елементів в HSLA-сталі застосовують мідь, див., наприклад, опубліковану патентну заявку JP 2009-280902 A. Там ставиться питання про додавання міді в кількості 1-2 мас. % для міцності на розтяг, див., наприклад, абзац 22 англійського машинного перекладу. Частка ніобію лежить в діапазоні 0,01-0,05 мас. %, частка ванадію 0,01-0,1 мас. % і частка титану 0,01-0,03 мас. %.

Мідь в таких кількостях має властивість утворювати частинки, які в температурному діапазоні деформування і нагрівання є стабільними і мають гранулометричний склад, який запобігає росту зерен і цим одночасно впливає на збільшення міцності в сталі або у готовій сталній смузі чи листовій сталі.

Мідь при певних способах одержання сталі вже міститься в сталі, наприклад, коли використовують дешевий металобрухт з високим вмістом міді в електродуговій печі.

Однак мідь має такий недолік, що вона перш за все може призвести при з'єднанні з сіркою до утворення другого мінімуму тягучості сталі, який проявляється шляхом утворення тріщин під час деформування в прокатному стані, наприклад, у формі тріщин по краю. Цей феномен пов'язаний з механізмами збагачення, які посилюються перш за все внаслідок повільних швидкостей кристалізації і довготривалого затримання/перебування сталі в печах для повторного нагрівання.

Тому задачею винаходу є зменшити ті феномени, які ведуть до утворення другого мінімуму в'язкості.

Цю задачу вирішують за допомогою способу за п. 1, відповідно до якого вміст міді в сталі встановлюють в діапазоні від 0,15 мас. % до 0,35 мас. % і потім в установці для безперервного розливання або установці для формування стрічки розливають і кристалізують у формі штранга або смуги з максимальною товщиною 130 мм, причому швидкість лиття складає щонайменше 4,5 м/хв переважно щонайменше 5 м/хв і зрештою штранг або смугу розвальцюють методом безперервного або напівбезперервного вальцювання протягом менше ніж 5,8 хв, переважно менше ніж 4,5 хв до бажаної кінцевої товщини і причому після вальцювання до бажаної товщини здійснюють охолодження зі швидкістю 15-90°C/с, переважно 25-60 C/с, до температури нижче 650 °C, переважно нижче 600 °C.

Відсоткові дані у пунктах формули винаходу відображають відсоток масової частки.

Тривалість процесу вальцювання вимірюють від кінця установки для безперервного розливання штранга або смуги, тобто коли відлитий штранг або відлита смуга полишає останній направляючий пристрій (здебільшого пару напрямних роликів) установки для безперервного розливання або установки для формування смуги. При цьому тривалість 5,8 хв відповідає швидкості лиття приблизно 3-3,5 м/хв, а тривалість 4,5 хв відповідає швидкості лиття приблизно 4,8-5,4 м/хв.

На противагу зазначеній вище публікації JP 2009-280902, в даному винаході на основі меншого вмісту міді в сплав і різного способу одержання виникають частинки з розмірами 20 нм або більше. Це надто багато для того, щоб досягнути дисперсійного твердіння, оскільки ефект при цих розмірах частинок значно зменшується, а розчинена фракція в матриці знижується. Частинки в діапазоні від 20 нм, однак, суттєво допомагають при утворенні однорідної структури з невеликими розмірами зерна.

В сплавах публікації JP 2009-280902 А мідь описують як засіб для зміцнення змішаного кристалу і як внесок у дисперсійне твердіння. При вказаному вмісті міді необхідно враховувати проблеми під час зварювання і також ламкість.

Отримана в результаті високоміцна, низьколегована сталь може бути виражена як доперитетична сталь з вмістом вуглецю 0,05-0,1 масових відсотків або як середньо-вуглецева сталь з вмістом вуглецю 0,05-0,25 масових відсотків.

Переважно відповідний винаходу процес безперервного вальцювання або напівбезперервного вальцювання здійснюють за допомогою двостадійного прокатного стану, який складається з обтискного прокатного стану і прокатного стану для чистового вальцювання.

Процес вальцювання з тривалістю менше 5,8 хв розпочинається з виходом штранга або смуги із установки для безперервного розливання або установки для формування смуги і закінчується з виходом сталі, як правило сталльної смуги, з останньої активної (=що перебуває в контакті зі сталлю) кліті прокатного стану в прокатному стані для чистового вальцювання. Під прокатним станом розуміють низку клітей прокатного стану, розташованих безпосередньо одна біля одної на відстані менше ніж 7 м, переважно менше ніж 6 м. Кліті прокатного стану, розташовані одна відносно іншої на відстані, що перевищує вказану, належать уже до наступного прокатного стану або є окремими клітьями.

При відповідному винаходу способі використовують форму отримання плоскої смуги зі сталі, при якій процес лиття і процес вальцювання пов'язані.

Процес лиття відбувається в установці для лиття, причому сталний штранг у рідиноподібному стані, який виходить з виливниці установки для лиття, пропускають через направляючий пристрій для штранга, розташований безпосередньо після виливниці. Вона складається з декількох (зазвичай, трьох-п'ятнадцяти) направляючих елементів, причому кожен направляючий елемент вміщує пари направляючих елементів, виконаних переважно як опорні ролики для штранга. Опорні ролики крутяться навколо осі, яка орієнтована під прямим кутом до напрямку транспортування штранга. Замість опорних роликів для штранга було б допустимо також виконати окремі направляючі елементи як статичні, наприклад, полозоподібні конструктивні елементи. Незалежно від конкретного виконання направляючих елементів їх розміщують з обох широких сторін штранга, так що штранг проводять крізь ряд нижніх і верхніх направляючих елементів.

Штранг виходить із виливниці переважно вертикально вниз і його переводять у горизонтальне положення. Тому направляючий пристрій для штранга має переважно вигнуту форму з кутом, що перевищує 90 °.

Про "безперервне вальцювання" йдеться у разі, якщо установка для лиття з'єднана з установкою для вальцювання таким чином, що відлитий в установці для лиття штранг або відлиту смугу безпосередньо - без відокремлення від тільки що відлитого штранга або смуги і без проміжного зберігання - подають в установку для вальцювання і там розвальцьовують до кінцевої товщини. Початок штранга або смуги може також вже бути повністю розвальцьований до сталльної смуги кінцевої товщини, тоді як установка для лиття продовжує відливати той самий штранг або ту саму смугу, тобто взагалі не існує кінця штранга або смуги. Також говорять про безпосередньо з'єднаний режим виробництва або безперервного виробництва установки для лиття і вальцювання.

При так званому напівбезперервному вальцюванні відлитий штранг після лиття ділять на сляби або смуги після лиття ділять на частини, і розділені сляби або смуги без проміжного зберігання і охолодження до температури навколишнього середовища подають в установку для вальцювання. Це розділення може відбуватися таким чином, що голова попереднього сляба може вже вальцьоватися або бути провальцьованою у наступному прокатному стані, або через більші відстані ще не бути захопленою першою кліттю прокатного стану.

З штранга, який виходить із установки для лиття, як правило, видаляють окалину, піддають попередньому вальцюванню у обтискному прокатному стані, проміжну смугу, яка виникає при цьому, зазвичай знову підігрівають у печі до температури приблизно 1200 °С і розвальцьовують до готового стану в прокатному стані для чистового вальцювання. В прокатному стані для чистового вальцювання як правило виконують тепле вальцювання, тобто прокатний матеріал при вальцюванні залишається в області аустеніту. Кінцеві температури вальцювання перебувають в діапазоні 780-850 °С, переважно в діапазоні 800-830 °С.

Завдяки безперервному або напівбезперервному вальцюванню запобігають охолодженню сталі після процесу лиття шляхом безпосередньої подальшої обробки на обтискному прокатному стані. У порівнянні з цим при традиційних прокатних станах сляби після їх отримання часто складають і вони мусять бути повторно підігріті уже перед обтискним прокатним станом. Однак це приводить в дію небажані механізми збагачення.

Крім того, отримана при безперервному або напівбезперервному вальцюванні товщина відлитої штранг або слябів або смуг понад 130 мм також позитивно впливає на небажані виділення, оскільки часточки міді швидше кристалізуються і тому їх розмір обмежується певним малим середнім діаметром, який перш за все залежить від швидкості кристалізації.

5 Досліди із заготовками у вигляді смуг з установки для безперервного розливання показали, що частинки міді мають діаметр приблизно 20-40 нм, якщо швидкість розливання встановлено принаймні більше ніж 4,5 м/хв і потім вальцювання проводять у дві стадії протягом 4,3 хв (відповідно, з трьома або п'ятьма клітьми прокатного стану). При цьому вміст вибраних легуючих елементів є таким:

0,3 мас. % мідь (Cu)

0,025 мас. % ніобій (Nb)

10 Діапазон розмірів частинок 20-40 нм відповідає також діапазону, якого намагаються досягнути за допомогою мікролегуєчих елементів (титан, ніобій) для забезпечення дії впливу на мікроструктуру і збільшення міцності.

15 При швидкостях охолодження 15-90 C/с, переважно 25-60 C/с, до температури нижче 650 °C, переважно нижче 600 °C, особливо протягом не більше 35 секунд, переважно протягом не більше 15 секунд, після вальцювання до бажаної кінцевої товщини можна досягнути міцності на розрив до 925 МПа або межі міцності на розтяг до 700 МПа, причому вищі показники досягають переважно шляхом швидкого охолодження (50-90 C/с) безпосередньо після останньої стадії деформації і шляхом охолодження до температури нижче 500 °C.

20 Досягнута просторова структура відповідно до стратегії охолодження і тим самим також класу міцності складається переважно з фериту або перліту і бейніту.

Порівнювані види HSLA-сталі, отримані традиційним способом, містять близько 0,07 мас. % ванадію, 0,15 мас. % титану і 0,07 мас. % ніобію.

25 Тому відповідно винаходу, можна передбачити, щоб додана частка ванадію (V) в сталі була меншою 0,03 мас. %, зокрема меншою 0,01 мас. % і/або, щоб додана частка ніобію (Nb) в сталі була меншою 0,055 мас. %, переважно меншою 0,045 мас. %, особливо переважно меншою 0,03 мас. %.

У випадку установки безперервного розливання може бути передбачено, щоб відлитий сляб мав переважну товщину 40-130 мм, особливо переважно 40-105 мм, зокрема близько 80 мм.

30 У випадку установки для формування смуги може бути передбачено, щоб відлита і кристалізована смуга мала переважну товщину 1-4,5 мм, зокрема близько 3 мм. Оскільки після відливання смуги ще відбувається вальцювання, природно, не відбувається сегментування на обтискний прокатний стан і прокатний стан для чистового вальцювання.

35 Товщина проміжної смуги, тобто сталі між обтискним прокатним станом і прокатним станом для чистового вальцювання складає при відповідному винаході способом переважно 5-25 мм, більш переважно 10-18 мм.

Обтискний прокатний стан має містити щонайменше дві, найкраще три кліті, а прокатний стан для чистового вальцювання щонайменше чотири, найкраще п'ять клітей.

Кінцева товщина остаточно розвальцьованого продукту перебуває в діапазоні 0,6-12 мм, переважно 1-6 мм.

40 Перевагою відповідного винаходу є те, що при отриманні сталі також можна використовувати дешевий і отже мідьвмісний металобрухт і, крім того, можна зменшити додавання легуючих елементів, зокрема мікролегуєчих елементів (ніобій, титан, ванадій).

45 Відповідний винаходу спосіб можна використовувати для одержання листа без покриття для автомобільної промисловості, для листа, оцинкованого електролітичним способом і для термооцинкованого листа в автомобільній галузі. Для використання в автомобільній галузі вміст кремнію в сталі не повинен перевищувати 0,9 мас. %, переважно це діапазон 0,1-0,9 мас. %.

Шляхи здійснення винаходу

50 При виробництві способом безперервного вальцювання в розливній машині відливають штранг, який має товщину близько 70-100 мм. З розливною машиною безпосередньо з'єднані три кліті обтискного прокатного стану, яких досягають значного зменшення товщини смуги проміжної смуги, до близько 15 мм. Зрештою після цього передбачена установка для видалення окалини і після цього матеріал проходить крізь індуктивний нагрівач і прокатний стан для чистового вальцювання з п'ятьма клітьми, у якому товщина може бути зменшена до 0,6 мм. 55 Зрештою відбувається охолодження смуги на ділянці охолодження, наприклад, шляхом подачі води, для регулювання властивостей матеріалу і після цього встановлена моталка, на яку накручується смуга в рулони, чим завершується процес виробництва.

Шляхом встановлення декількох ножиць (після обтискного прокатного стану перед прокатним станом для чистового вальцювання і перед моталкою), можна прокатний стан задіяти у режимі окремих слябів, причому проміжні смуги будуть нарізані після обтискного прокатного стану і по одній їх будуть розвальцьовувати у прокатному стані для чистового вальцювання. При безперервному вальцюванні-розвальцьованні до кінцевої товщини смуги розрізають лише перед моталкою, а процес вальцювання здійснюється безперервно. Великою перевагою даної установки є невелика витрата енергії для отримання сталюї смуги. Якщо при традиційному стані для гарячого вальцювання необхідно близько 2 ГДж енергії для отримання тонни теплої смуги, то цей показник в установці для безперервного або напівбезперервного вальцювання падає до 0,4 ГДж на тонну теплої смуги.

На ділянці охолодження для остаточно розвальцьованої смуги здійснюють охолодження зі швидкістю 15-90 С/с, переважно 25-60 С/с, до температури нижче 650 °С, переважно нижче 600 °С, протягом не більше 35 секунд, переважно протягом не більше 15 секунд, після вальцювання до бажаної кінцевої товщини.

#### ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

1. Спосіб одержання виробу з високоміцної, низьколегованої сталі з додаванням міді до її складу, який **відрізняється** тим, що вміст міді в сталі встановлюють в діапазоні від 0,15 мас. % до 0,35 мас. % і додатково вводять ніобій у кількості менше 0,055 мас. %, переважно менше 0,045 мас. %, особливо переважно менше 0,03 мас. %, а потім в установці для безперервного розливання штранга або смуги розливають і кристалізують у формі штранга або смуги з максимальною товщиною 130 мм, причому швидкість лиття складає щонайменше 4,5 м/хв, переважно щонайменше 5 м/хв і зрештою штранг або смугу розвальцьовують методом безперервного або напівбезперервного вальцювання протягом менше ніж 5,8 хв, переважно менше ніж 4,5 хв до бажаної кінцевої товщини, і що після вальцювання до бажаної кінцевої товщини здійснюють охолодження зі швидкістю 15-90 °С/с, переважно 25-60 °С/с, до температури нижче 650 °С, переважно нижче 600 °С.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що безперервне або напівбезперервне вальцювання здійснюють у двостадійному прокатному стані, який складається з обтискного прокатного стану і стану для чистового вальцювання.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що охолодження здійснюють протягом не більше 35 секунд, переважно протягом не більше 15 секунд, після вальцювання до бажаної кінцевої товщини.

4. Спосіб за будь-яким з пунктів 1-3, який **відрізняється** тим, що додатково вводять ванадій у кількості менше 0,03 мас. %, зокрема менше 0,01 мас. %.

5. Спосіб за будь-яким з пунктів 1-4, який **відрізняється** тим, що відлитий і кристалізований штранг має переважну товщину 40-130 мм, особливо переважно 40-105 мм, зокрема близько 80 мм.

6. Спосіб за будь-яким з пунктів 1-4, який **відрізняється** тим, що відлита і кристалізована смуга має переважну товщину 1-4,5 мм, зокрема близько 3 мм.

7. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що товщина отриманої у обтискному прокатному стані проміжної смуги становить 5-25 мм, переважно 10-18 мм.

8. Спосіб за одним із пунктів 2-5 і 7, який **відрізняється** тим, що обтискний прокатний стан містить щонайменше дві, переважно три кліті.

9. Спосіб за будь-яким з пунктів 2-5 і 7, який **відрізняється** тим, що прокатний стан для чистового вальцювання містить щонайменше чотири, переважно п'ять клітей.

10. Спосіб за будь-яким з пунктів 1-9, який **відрізняється** тим, що кінцева товщина остаточно розвальцьованого продукту лежить в діапазоні 0,6-12 мм, переважно 1-6 мм.